

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 281**

51 Int. Cl.:

**H04W 88/04** (2009.01)

**H04W 40/12** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2010 PCT/FR2010/051449**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2011 WO11007085**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2010 E 10751984 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2454917**

54 Título: **Selección de repetidores dinámicos para comunicaciones cooperativas en una red móvil**

30 Prioridad:

**17.07.2009 FR 0954961**

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

**17.10.2018**

73 Titular/es:

**ORANGE (100.0%)  
78, rue Olivier de Serres  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**PAPADOGIANNIS, AGISILAOS;  
HARDOUIN, ERIC y  
SAADANI, AHMED**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 686 281 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Selección de repetidores dinámicos para comunicaciones cooperativas en una red móvil

5 La invención se sitúa en el campo de las telecomunicaciones, principalmente de las radiocomunicaciones inalámbricas con terminales móviles.

10 Se refiere más particularmente a una implementación de comunicaciones cooperativas que aprovechan unos repetidores dinámicos en una red móvil, principalmente una red celular en la que unas estaciones base tienen una cobertura de radio de células respectivas de la red. Con referencia a la figura 1 que ilustra la situación de una red celular, una comunicación cooperativa designa una técnica de emisión en la que:

- en la vía descendente DL (o "downlink") unos terminales TER reciben la señal útil de una estación base BS a través de otros terminales REP1 (uno o más) que repiten la señal útil emitida por la estación base BS, y
- 15 - en la vía ascendente UL (o "uplink") la estación base BS recibe la señal útil procedente de un terminal emisor TER a través de otros terminales REP2 (uno o más) que repiten hacia la estación base la señal emitida.

20 Por claridad de representación de la figura 1, solo se representan los enlaces a través de los repetidores REP1, REP2. En la práctica, sin embargo, las mismas señales pueden ser transmitidas por diferentes caminos:

- a través de los repetidores (como se ha representado en la figura 1), y
- directamente entre la estación base BS y el terminal TER.

25 Llevando por ejemplo las dos señales la misma información y procedentes de nodos de la red diferentes (procedentes por ejemplo de la estación base directamente, por un lado, y de uno o varios repetidores, por otro lado), esta diversidad de "caminos" de comunicación forzados permite aumentar la relación señal a ruido en la recepción de las señales.

30 Las comunicaciones cooperativas en una red celular permiten a los terminales (respectivamente a las estaciones base) recibir la señal útil de la estación base (respectivamente, de los terminales) y también de otros nodos de la red (típicamente unos nodos repetidores) que repiten la señal útil.

35 Una transmisión que aprovecha unos nodos de repetición debe utilizar un protocolo de repetición. Los protocolos de repetición más conocidos son:

- el protocolo "Amplificar y Transferir" (AT) (por "Amplify-and-Forward" en inglés), según el que el repetidor amplifica la señal que recibe y retransmite la señal así amplificada, y
- el protocolo "Decodificar y Transferir" (DT) (por "Decode-and-Forward" en inglés) según el que el repetidor decodifica la señal recibida antes de retransmitir la señal, lo que permite eliminar el ruido inicialmente presente en la señal recibida.

45 Los nodos de repetición en una red celular pueden ser estáticos o dinámicos. Los nodos de repetición estáticos pertenecen a la infraestructura de la red y se despliegan en unos puntos particulares, elegidos, de la célula. Los repetidores dinámicos son más bien unos nodos móviles que pueden ser por ejemplo los terminales que se sitúan en una célula dada y que se comportan como unos nodos de repetición ayudando a la transmisión hacia un destino (o más), pudiendo ser este destino un terminal (caso "downlink") o una estación base (caso "uplink").

50 Las comunicaciones cooperativas (utilización de los nodos de repetición) en una red celular pueden aumentar la cobertura de la célula, mejorar la recepción de las señales (ofreciendo una ganancia de diversidad, por ejemplo) y aumentar la eficacia espectral de la red (que se define en bits por segundo, por hercios y por célula). La manera más fácil de aprovechar unos repetidores es simplemente desplegar algunos repetidores estáticos en unos puntos particulares de la célula. Esta práctica hace la selección de los repetidores, para una transmisión particular, bastante fácil porque los repetidores potenciales están limitados.

55 Es necesaria la selección de los repetidores que participan en una transmisión particular en un sistema en el que puedan existir muchos repetidores (tanto estáticos como dinámicos). Es necesario por tanto elegir los repetidores más apropiados y que aportan realmente una ganancia de rendimiento cuando ayudan a una transmisión. Además, puede que, en ciertas situaciones, sea imposible encontrar unos repetidores apropiados, de manera que deba imponerse la transmisión directa entre la fuente y el destino. Además, si se despliegan unos repetidores estáticos, pueden elegirse los puntos de despliegue de los repetidores con el fin de garantizar un buen enlace entre los repetidores y las estaciones base, lo que puede aumentar la eficacia de la operación de repetición.

65 Sin embargo, el despliegue de los repetidores estáticos aumenta el coste de los sistemas porque requiere que se añadan otros elementos de infraestructura (nodos repetidores). Por el contrario, la implementación de repetidores dinámicos no necesita un coste de infraestructura suplementario. Los terminales de usuario disponibles en una célula pueden repetir señales con el fin de ayudar a la transmisión hacia otros terminales. Los repetidores dinámicos

pueden aplicarse tanto en la vía descendente como en la vía ascendente. Sin embargo, la utilización de los repetidores dinámicos plantea problemas de complejidad y de carga sobre la vía de retorno. La vía de retorno designa una transmisión del terminal hacia la estación base destinada a proporcionar a esta última, informaciones de control sobre el terminal, como por ejemplo la calidad de su canal.

5 Las informaciones transmitidas sobre la vía de retorno representan una pérdida de eficacia espectral para el sistema, porque ocupan unos recursos de radio que no pueden utilizarse para la transmisión de señales útiles. En efecto, para seleccionar el repetidor (o los repetidores) para asegurar la transmisión hacia un destino, la estación base (entidad que toma habitualmente tales decisiones en un sistema celular) debe adquirir informaciones sobre el estado de los canales de transmisión (o “CSI” por “Channel State Information” en inglés) entre la fuente y los repetidores potenciales, así como entre los repetidores potenciales y el destino. La información CSI puede estar constituida por ejemplo por coeficientes de los canales de transmisión o de otra información más concisa sobre la calidad del canal, como por ejemplo la ganancia del canal o una relación de señal sobre interferencia y ruido, u otras.

15 En lo que sigue, se entiende por “ganancia del canal” la relación entre la potencia recibida en las antenas de recepción y la potencia emitida por las antenas de emisión. Esta ganancia depende:

- 20 - de las pérdidas de propagación (o “path loss” en inglés), crecientes con la distancia entre un nodo emisor y un nodo receptor,
- del efecto de máscara (“shadowing” en inglés),
- así como unos desvanecimientos rápidos del canal (o “fast fading” en inglés).

25 En lo que sigue, se entiende también por “atenuación” el efecto acumulativo de las pérdidas de propagación y del efecto de “máscara”; en la práctica, la atenuación puede estimarse por ejemplo por la inversa de la ganancia del canal (y depende entonces del fast fading). Estimando una media de la inversa de la ganancia de canal sobre varios valores sucesivos, se puede reducir la dependencia del fast fading de la atenuación estimada.

30 La transmisión de la información sobre el estado de los canales de transmisión CSI aumenta la carga sobre la vía de retorno, así como la complejidad del procedimiento de selección de los repetidores. En efecto, la carga sobre la vía de retorno y la complejidad del procedimiento de selección son proporcionales al número de los terminales candidatos para la operación de repetición. Realmente, no se conoce una técnica para reducir el número de repetidores potenciales capaces de ayudar a la transmisión hacia un terminal o una estación base. De ese modo, el número de nodos repetidores candidatos para una transmisión particular no se reduce realmente y la complejidad de la selección, así como la carga sobre la vía de retorno convierten en difícil la operación de repetición en una red celular.

35 En el marco de las redes ad hoc que emplean la transmisión multi-salto, se ha propuesto una técnica para la selección de los nodos de repetición en:

40 “*Geography Random Forwarding (GeRaF) for Ad Hoc and Sensor Networks: Multihop Performance*”, M. Zorzi y R. R. Rao, IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 2, n.º 4, páginas 337-348 (octubre-diciembre 2003).

45 Según esta técnica, el nodo que transmite unos datos (“nodo” de origen) conoce sus coordenadas geográficas y las coordenadas del nodo que quiere recibir el mensaje de origen (nodo de destino). El origen emite un paquete que contiene sus coordenadas y las coordenadas del nodo de destino. Todos los nodos que reciben el paquete estiman su distancia al origen y al destino, basándose en las coordenadas recibidas. Los nodos que están más próximos al destino que al origen se convierten en candidatos para la operación de repetición. Para definir la repetición, se atribuye una prioridad a cada nodo candidato en función de su proximidad al destino, y se selecciona finalmente el nodo que tenga la prioridad más alta (el más próximo al destino). Esta técnica está dirigida a las redes ad hoc y no tiene en cuenta el efecto de máscara, que sin embargo es esencial para las redes celulares, ni los desvanecimientos rápidos del canal (“fast fading” en inglés). Además, esta técnica exige que los nodos utilicen un receptor de tipo GPS (por “Global Positioning System”) para estimar sus coordenadas geográficas, lo que aumenta el coste del sistema.

55 Una técnica para la selección del mejor repetidor entre un origen y un destino basada en la calidad de los canales instantáneos origen-repetición y repetición-destino se ha propuesto en:

“*A Simple Cooperative Diversity Method Based on Network Path Selection*”, A. Bletsas, A. Khisti, D. P. Reed y A. Lippman, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 24, n.º 3, páginas 659-672 (marzo 2006).

60 En esta técnica, un origen envía un paquete RTS (llamado “Ready-To-Send” en este documento, por “listo para enviar”) y todos los nodos de la vecindad estiman la ganancia del canal entre el origen y ellos mismos. Este paquete es entendido por el nodo de destino que envía un paquete CTS (“Clear-To-Send” en inglés, por “autorización de enviar”), que permite a los nodos de la vecindad estimar la ganancia del canal entre el destino y ellos mismos.

65 Después de la recepción del paquete CTS, los repetidores potenciales ponen en marcha un cronómetro que expira en función de la calidad actual de los dos canales (origen-repetidor y repetidor-destino). De ese modo, el repetidor que tiene el cronómetro que expira más rápidamente es el mejor repetidor y envía un paquete marcador (“flag” en

inglés). Este paquete marcador es entendido entonces por otros repetidores candidatos que detienen sus cronómetros.

5 Esta técnica no tiene en cuenta, por su parte, la estructura de las redes celulares que puede aprovecharse para simplificar el procedimiento de selección de los repetidores.

10 Las técnicas propuestas por Zorzi et al. (2003) y Bletsas et al. (2006), que están mejor adaptadas para redes ad hoc, tienen por tanto por principio que la transmisión entre el origen y el destino es ayudada siempre por un nodo repetidor (cuando existen repetidores potenciales). Sin embargo, la utilización de un repetidor no aumenta siempre la capacidad de la transmisión. En consecuencia, en un sistema real, debe utilizarse únicamente un repetidor si aumenta realmente los rendimientos de la transmisión.

15 Los rendimientos de la transmisión pueden estimarse por ejemplo sobre la base de una capacidad de la transmisión que aprovecha un repetidor particular, la capacidad de la transmisión puede ser entonces un criterio de rendimiento. Se entiende por "capacidad de la transmisión", según la métrica elegida, la velocidad ofrecida para la transmisión, o su calidad de servicio (o "QoS"), o también su relación señal a ruido, o cualquier otro criterio de ese tipo. Conviene precisar entonces que, por ejemplo, para el criterio de velocidad ofrecida, una repetición hace perder recursos, en el intervalo de tiempo de asignación de recursos (o "TTI", por "transmission time interval" en inglés), lo que disminuye la velocidad total del sistema.

20 Por ejemplo, para una transmisión en modo denominado "half duplex" (el repetidor no transmite en un mismo tiempo en el enlace ascendente y en el enlace descendente), la utilización de un repetidor requiere dos intervalos de tiempos de transmisión ("TTI"):

- 25
- uno para transmitir desde el origen hacia el repetidor, y
  - el otro para transmitir desde el repetidor hacia el destino.

30 La duración TTI es básicamente el intervalo de tiempo elemental durante el que pueden atribuirse unos recursos de radio a un terminal. Por tanto, la capacidad de una transmisión alcanzada con ayuda de un nodo repetidor se divide por un factor de dos en un modo de operación "half duplex". De ese modo, el rendimiento de la operación de repetición en modo "half duplex" está limitado por este factor. En consecuencia, en todos los modos de operación (half duplex o full duplex), si la transmisión por un nodo repetidor no aumenta realmente la capacidad de transmisión, la operación de repetición es contraproducente.

35 La presente invención se dirige a mejorar la situación.

Con este fin, propone inicialmente un procedimiento de selección de al menos un nodo dinámico en una red móvil, en tanto que candidato para repetir una señal de comunicación de datos entre una entidad emisora y una entidad receptora de la red.

40 El procedimiento incluye las etapas:

- 45
- determinar al menos un primer conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre uno de los nodos del primer conjunto y al menos una primera entidad entre dichas entidades emisoras y receptoras sufre una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado, y
  - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación en función del contenido de este primer conjunto.

50 De ese modo, la presente invención propone tener en cuenta el efecto de atenuación en la comunicación de las señales entre las entidades emisoras y receptora, por un lado, y los nodos de la red, por otro lado, por comparación con unos umbrales predeterminados, para establecer una preselección de los nodos susceptibles de jugar el papel de repetidores y eliminar de esta preselección los nodos que puedan ignorarse. Previamente, se puede tener en cuenta ya la atenuación de una señal comunicada entre las entidades emisoras y receptora para determinar si el recorrido a un repetidor es realmente necesario o si puede decidirse una comunicación directa entre las entidades emisora y receptora.

55 De ese modo, esta preselección de los nodos susceptibles de intervenir para la repetición y sobre todo la eliminación de los nodos que no se mantienen como candidatos, en función de los criterios de atenuación antes citados, permite aligerar el procedimiento de selección definitivo de los nodos, tal como era conocido en la técnica anterior en la que se seleccionarían *a priori* todos los nodos como candidatos posibles para la repetición. En el sentido de la invención, se eliminan del conjunto ciertos de los nodos, que no respetan unas condiciones particulares de su atenuación con relación a un umbral.

60 Pueden plantearse diversos modos de realización, como variante o como complemento, para la limitación de los nodos candidatos.

5 En una realización ventajosa principalmente en el caso de una red celular, puede decidirse por ejemplo que los terminales de la célula situados en una primera zona alrededor de la estación base (por ejemplo, la zona Z1 que corresponde a un disco de radio R1 de la figura 2A descrita a continuación), en la que la atenuación es inferior a un umbral dado, no tienen necesidad de repetidor para comunicar con la estación base. Desde ese momento, es posible decidir una transmisión directa entre la estación base y dichos terminales.

10 En la técnica anterior conocida (Zorzi et al. (2003) o Bletsas et al. (2006)), no se tiene en cuenta el hecho de que en un sistema celular las estaciones base tienen antenas directivas que mejoran mucho la transmisión y la recepción de las señales (concentrando en una dirección dada la emisión y la recepción). Es por tanto muy probable que los terminales próximos a la estación base que tienen una ganancia de canal grande hacia la estación base, no necesiten por tanto la utilización de repetidores para ayudar a su transmisión. De ese modo, en la realización de la invención descrita anteriormente con referencia a la figura 2A, es posible restringir ya la utilización de los repetidores para ayudar solo a los terminales que están suficientemente alejados de la estación base (terminal TER1 de la figura 2A), lo que permite reducir la carga sobre la vía de retorno de manera significativa. Se recuerda en efecto que, en un sistema celular, la entidad que puede tomar las decisiones sobre la operación de repetición es la estación base. En consecuencia, la estación base debe adquirir unas informaciones vinculadas a los canales (llamadas "CSI") no solamente entre los terminales, sino además entre la estación base en sí misma y los terminales, lo que constituye de ese modo una sobrecarga sobre la vía de retorno.

20 Como complemento o como variante, conviene delimitar una zona alrededor del terminal, o más generalmente alrededor de una entidad emisora o receptora de una red móvil (no necesariamente celular), más allá de la que la atenuación es tal que es necesario tener que recurrir a un repetidor. Los nodos de repetición o al menos el primer nodo repetidor (del lado del terminal) debe situarse entonces en esta zona.

25 En efecto, en la técnica anterior conocida (Zorzi et al. (2003) o Bletsas et al. (2006)), todos los nodos del sistema que reciben los paquetes de señalización apropiados, para elegir el mejor nodo de repetición, participan en el procedimiento de selección. Una observación así puede realizarse también con relación al documento D1: TAE WON BAE et al. (XP031168630). En un sistema celular en el que es premisa una transmisión que aproveche unos repetidores, no es eficaz considerar en tanto que repetidores posibles todos los otros terminales de la célula capaces de recibir los paquetes de señalización correspondientes (principalmente los paquetes RTS, CTS, u otros, descritos más adelante), porque este planteamiento aumenta la complejidad de la selección. Para tener en cuenta la ganancia de antena de la estación de base, un repetidor satisfactorio está, de hecho, más próximo al terminal (origen o destino) que a la estación base. En consecuencia, estas observaciones se aprovechan ventajosamente en el sentido de la invención para concebir mejor el procedimiento de selección de los repetidores, reduciendo la carga sobre la vía de retorno y el consumo de recursos de radio asociado a esta carga.

35 De ese modo, en términos más genéricos, una realización del procedimiento en el sentido de la invención se dirige a superar estos problemas e incluye preferentemente las etapas:

- 40 - determinar una intersección entre el primer conjunto y un segundo conjunto de nodos tales que una señal comunicada entre un nodo de este segundo conjunto y la segunda entidad entre dichas entidades emisora y receptora sufre una atenuación inferior a un umbral correspondiente a una atenuación de señal entre la entidad emisora y la entidad receptora, y
- 45 - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación a los nodos de dicha intersección.

50 Se comprende por tanto, tomando una representación por zonas de atenuación como se ilustra en la figura 2B, que los nodos situados más allá de una zona de intersección RI entre las dos zonas de atenuación de radios respectivos R2 (que es función creciente del primer umbral antes mencionado) y RIS (que es función de la atenuación entre las entidades emisora y receptora TER y BS) no son candidatos, al menos para ser el primer repetidor (del lado de la entidad emisora o receptora), y pueden por tanto eliminarse de una preselección, lo que evita una sobrecarga de la red.

55 En los ejemplos de las figuras 2A y 2B, se considera, a título simplemente ilustrativo, que la atenuación de una señal comunicada entre dos entidades (por ejemplo, entre la estación base BS y el terminal TER en la figura 2B) es función creciente de la distancia (en el mismo ejemplo la distancia RIS) que separa estas dos entidades. Las zonas representadas en estas figuras pueden tener entonces aproximadamente la forma de discos de radios funciones de la atenuación. Las figuras 2A y 2B y la determinación de estas zonas se describen en detalle a continuación.

60 En una situación de repetición entre varias entidades (denominada de multi-salto o "multi-hop" en inglés), es posible extender las etapas del procedimiento poco a poco para definir una sucesión de zonas de intersección desde la primera entidad (que es entonces un nodo de origen) hasta la segunda entidad (que es entonces un nodo de destino).

65 En una implementación de la invención en la que la red móvil es una red celular que incluye estaciones base que sirven a unos terminales en unas células de la red y eligiéndose los nodos de repetición entre estos terminales, la

primera entidad y la segunda entidad antes citadas son unos terminales. En particular, una de las entidades emisora y receptora antes citadas se define como primera entidad si una señal comunicada entre esta entidad y la estación base sufre una atenuación menor que una señal comunicada entre otra entidad y la estación base. Esta característica puede ilustrarse en las figuras 3 y 4 por el hecho de que la primera entidad está más próxima a la estación base que la segunda entidad. Esta elección se justifica en detalle en los ejemplos de realización descritos a continuación. Por supuesto, esta situación se aplica tanto para una situación de multi-salto, con una transmisión de la señal de comunicación a través de varios nodos de repetición como para una comunicación entre dos terminales sin situación de multi-salto, sino simplemente a través de un único repetidor.

En el caso en el que se recurre a un primer repetidor (del lado de la estación base o del lado del terminal que emite o del que se destina la señal de comunicación de datos), la primera entidad antes citada es el terminal y la segunda entidad es la estación base, tanto en la vía descendente (downlink), como en la vía ascendente (uplink), como se verá en los ejemplos de realización detallados a continuación.

De ese modo, en términos más genéricos, la primera entidad es un terminal y la segunda entidad es una estación base, a la vez en los dos casos en los que:

- la señal de comunicación de datos se transmite desde la estación base y con destino en el terminal, y
- la señal de comunicación de datos se transmite desde el terminal y con destino en la estación base.

Como se ha indicado anteriormente, en una realización, se delimita (como complemento o como variante de una delimitación de una zona de intersección) una zona alrededor de la estación base para determinar, ya, si es necesario o no tener que recurrir a un repetidor para dar servicio a un terminal en la vía ascendente o en la vía descendente.

Así, en términos más genéricos, el procedimiento incluye, en esta realización, las etapas:

- determinar una atenuación que sufre una señal comunicada entre el terminal y la estación base, y
- si la atenuación de dicha señal entre el terminal y la estación base es inferior a un segundo umbral predeterminado, decidir una transmisión directa de la señal de comunicación entre la estación base y el terminal, sin tener que recurrir a un repetidor.

El primer umbral y/o el segundo umbral son preferentemente inferiores a la atenuación que sufre una señal comunicada directamente entre las entidades emisora y receptora. En efecto, para ser ventajosa, la limitación de los nodos candidatos para la repetición se determina preferentemente con relación a unas zonas menos extensas que la distancia entre las entidades emisora y receptora (por ejemplo, unos discos de radios R1 (figura 2A) y R2 (figura 2B), con relación a la distancia RIS).

En la práctica, el primer y segundo umbrales antes citados pueden determinarse por simulaciones previas y/o por mediciones sobre la red. Pueden ser función por ejemplo de un número de terminales por célula (funciones decrecientes), y/o de una interferencia entre células (funciones crecientes). La interferencia intercelular depende típicamente de la potencia de transmisión de las células alrededor de la célula considerada, de la dimensión de la célula considerada y del número de células repartidas alrededor de la célula considerada. A título de ejemplo puramente ilustrativo, se considera una célula de 1000 m de radio y en la que se sitúan treinta terminales. Esta célula está rodeada por 18 células en su vecindad con una potencia de transmisión idéntica de 60 W para todas las estaciones base de estas células. En el ejemplo, estas estaciones base están equipadas con antenas omnidireccionales cuya ganancia de antena es de 9 dB. En este ejemplo, las elecciones siguientes han dado en ese caso unos resultados satisfactorios:

- un primer umbral de atenuación tal que el radio R2 de la zona Z2 de la figura 2B sea de 500 m y
- un segundo umbral de atenuación tal que el radio R1 de la zona Z1 de la figura 2A sea de 500 m.

Preferentemente, para seleccionar el mejor repetidor entre los nodos candidatos, los terminales suben a las estaciones base de servicio en su célula una información sobre una ganancia de canal (con los otros terminales de la célula y/o con la estación base), y/o una información sobre una interferencia intercelular y ruido. La estación base decide entonces fijar al menos un terminal en tanto que nodo repetidor, entre los nodos de la intersección de conjuntos antes citadas, en función de las informaciones que suben los terminales.

En una realización ventajosa, la estación base determina un subconjunto que incluye al menos un terminal en tanto que nodo repetidor que proporciona un óptimo de ganancia de capacidad de transmisión, estimada en función de las informaciones que suben los terminales. Se entiende por "capacidad de la transmisión", la velocidad ofrecida para la transmisión, o la calidad de servicio que procura la transmisión, o también su relación señal a ruido, o cualquier otro criterio que mida la calidad de la transmisión utilizando los repetidores elegidos.

Esta realización, aunque ventajosa, admite sin embargo variantes. Por ejemplo, se pueden haber recurrido a la vez a todos los terminales de la intersección de conjuntos (correspondiente a la zona R1 de la figura 2B) para jugar el papel

de repetidores. En este caso, los repetidores pueden operar en funcionamiento sincronizado, apoyándose por ejemplo sobre unos códigos espacio-temporales distribuidos o sobre una formación adecuada de haces distribuidos (técnica denominada de "beamforming"), como se verá más adelante.

5 Más generalmente, para determinar los repetidores potenciales en una red móvil (celular o no) los nodos de la red transmiten preferentemente, a la entidad emisora y/o a la entidad receptora, una señal de prueba que contiene una información que permite deducir una atenuación de la señal respectivamente hacia la entidad emisora y/o hacia la entidad receptora. Esta señal de prueba puede contener por ejemplo paquetes de tipo RTS por "Ready-To-Send", o CTS por "Clear-To-Send", como se verá más adelante.

10 El cálculo del primer y/o del segundo umbral, el tratamiento de las informaciones de atenuación que comunican los nodos y la determinación de los nodos candidatos puede ser el objeto de un programa informático. Con este fin, la presente invención se dirige también a un programa informático que incluye unas instrucciones para la implementación del procedimiento anterior, cuando se ejecuta este programa por un procesador.

15 Un programa de ese tipo puede instalarse por ejemplo en la memoria de una estación base de una red celular, o también en la memoria de los terminales para determinar los repetidores candidatos alrededor de ellos.

20 La presente invención se dirige también a una estación base de una red celular, que incluye unos medios de selección de al menos un nodo dinámico de la red, en tanto que candidato para repetir una señal de comunicación de datos entre la estación base y un terminal de la red. Estos medios de selección se disponen entonces para:

- determinar al menos un primer conjunto de terminales tales que una señal comunicada entre la estación base y un terminal del primer conjunto sufra una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado, y
- 25 - limitar la selección de terminales en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación en función del contenido de dicho primer conjunto.

Este primer umbral puede ser, por ejemplo, para la estación base, el umbral por debajo del que se decide una transmisión directa, sin tener que recurrir a un repetidor.

30 La presente invención se dirige también a un terminal destinado a emitir/recibir una señal de comunicación de datos en una red móvil, que incluye unos medios de selección de al menos un nodo dinámico de la red, en tanto que candidato para repetir una señal de comunicación de datos entre el terminal y una entidad de la red. Estos medios de selección se disponen para:

- determinar al menos un primer conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre el terminal y un nodo del primer conjunto sufra una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado, y
- limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación en función del contenido de dicho primer conjunto.

40 Este primer umbral puede ser, por ejemplo, para el terminal, uno de los umbrales que permiten determinar la intersección de conjuntos antes citada, en la que se encuentran los nodos candidatos para la repetición.

45 Por supuesto, los medios de selección antes citados de los nodos dinámicos en tanto que candidatos para repetir una señal entre el terminal y la estación base pueden compartirse entre la estación base y el terminal (el terminal que procede por ejemplo al menos a la determinación de la atenuación alrededor de él y la estación base que procede también al menos a la determinación de la atenuación alrededor de ella). La presente invención se dirige entonces a un sistema que incluye al menos un terminal y una estación base, destinado a una red celular y que incluye globalmente dichos medios de selección, dispuestos para:

- determinar al menos un primer conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre un nodo del primer conjunto y al menos una entidad entre el terminal y la estación base sufra una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado, y
- 55 - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación en función del contenido de dicho primer conjunto.

Surgirán otras características y ventajas de la invención con el examen de la descripción detallada a continuación, y de los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 ilustra una red celular con terminales que participan como repetidores;
- la figura 2A ilustra esquemáticamente una situación en la que se decide una transmisión directa (entre la estación base BS y el terminal TER2) y una situación en la que se prefiere el recurso a un repetidor (entre el terminal TER1 y la estación base BS);
- la figura 2B ilustra esquemáticamente una zona que incluye posibles repetidores candidatos en una red celular para una comunicación entre una estación base y un terminal;

- la figura 3 ilustra esquemáticamente una zona que incluye posibles repetidores candidatos en una red celular para una comunicación entre dos terminales;
- la figura 4 ilustra esquemáticamente una zona que incluye posibles repetidores candidatos en una red celular para una comunicación entre dos terminales, con un terminal diferente más cerca de la estación base con relación a la figura 3;
- la figura 5 es un organigrama (que puede ilustrar el algoritmo general de un programa de ordenador en el sentido de la invención en un ejemplo de realización) de las etapas de una transmisión en vía descendente según un ordenamiento de tipo "round robin";
- la figura 6 es un organigrama (que puede ilustrar el algoritmo general de un programa de ordenador en el sentido de la invención en un ejemplo de realización) de las etapas de una transmisión en vía ascendente según un ordenamiento de tipo "round robin";
- la figura 7 es un organigrama (que puede ilustrar el algoritmo general de un programa de ordenador en el sentido de la invención en un ejemplo de realización) de las etapas de una transmisión en vía descendente según un ordenamiento de maximizado de la relación señal a ruido; y
- la figura 8 es un organigrama (que puede ilustrar el algoritmo general de un programa de ordenador en el sentido de la invención en un ejemplo de realización) de las etapas de una transmisión en vía ascendente según un ordenamiento de maximizado de la relación señal a ruido.

Se describe a continuación a título de ejemplo una implementación de la invención en una red celular, que permite organizar comunicaciones cooperativas dinámicas (definiendo unos repetidores realizados por unos terminales), en particular minimizando la carga sobre la vía de retorno y la complejidad asociadas a la selección de los mejores nodos repetidores.

Para la transmisión hacia un terminal o procedente de un terminal, el número de repetidores potenciales está limitado gracias a la implementación de la invención, y, en consecuencia, la carga sobre la vía de retorno está ventajosamente limitada.

En el ejemplo de realización, los terminales de la célula pueden determinar la atenuación de las señales comunicadas con el origen y con el destino. Se entiende por "señales comunicadas", las señales emitidas por los terminales y recibidas por el origen o el destino, así como las señales recibidas por los terminales y procedentes del origen o del destino.

Cuando las estaciones base tienen antenas directivas que mejoran la transmisión y la recepción de las señales, no es útil repetir señales desde o hacia un terminal que esté próximo a la estación base. De ese modo, si la atenuación (que es función de la distancia y del efecto de máscara) del terminal a la estación base es inferior a un umbral, el sistema se adapta para no tener que recurrir a un nodo repetidor porque es muy probable que la transmisión directa alcance una mejor capacidad.

Por la misma razón, cuando un terminal está suficientemente alejado de la estación base, el enlace repetidor-terminal es probablemente más débil que el enlace estación base-repetidor, debido a la ganancia de antena de la estación base. Es por tanto más probable identificar un buen repetidor más próximo al terminal que a la estación base. De ese modo, se consideran como repetidores potenciales los terminales para los que la atenuación hacia el terminal de origen (en vía ascendente) o de destino (en vía descendente) es inferior a otro umbral (lo que se convierte en considerar los terminales en el interior de un disco de cobertura centrado sobre el terminal de origen o destino según el modo "uplink" o "downlink", como se verá con referencia a las figuras a continuación). Además, en el interior de este disco, unos nodos pueden estar más alejados de la estación base que el terminal de origen o destino. Es poco probable que estos nodos sean entonces capaces de mejorar la transmisión desde o hacia el terminal objetivo, en tanto que repetidores, porque su atenuación hacia la estación base es superior a la del terminal objetivo. En consecuencia, solo pueden seleccionarse los nodos en el interior del disco y que están más próximos a la estación base que al terminal a dar servicio, lo que puede reducir aún más la carga sobre la vía de retorno.

Se describen en el presente documento a continuación unos modos de realización para determinar la selección de los repetidores potenciales entre todos los nodos de la red, para mejorar la comunicación entre la estación base y el terminal a servir.

En vía descendente, el nodo de origen es la estación base BS (entidad emisora) y el nodo de destino es el terminal TER a servir en la célula (entidad receptora). Se definen preferentemente dos umbrales de atenuación.

Con referencia a la figura 2A, se asocia un umbral  $dt_1$  a la atenuación de una señal comunicada entre el origen BS y el terminal a servir, definiendo entonces una región Z1 de transmisión directa (sin repetidor) entre la estación base y un terminal TER2 que estaría situado en esta región Z1. Esta región Z1 corresponde (en primera aproximación y a título ilustrativo en la figura 2A) a un disco cuyo centro es el origen (estación base BS) y el radio R1 es función creciente del umbral  $dt_1$ : cuanto mayor sea el umbral elegido más grande es el radio de esta zona Z1. Se trata sin embargo de una aproximación porque la atenuación depende claramente de la distancia (debido a las pérdidas de propagación o "pathloss", que se expresan, en decibelios, según una función lineal del logaritmo de la distancia), pero también de los efectos de máscara ("shadowing").



La representación por unos discos de los conjuntos de terminales a considerar en las figuras 2A y 2B no es por tanto dada más que a título explicativo, para la claridad de la exposición. En una realización preferida, la implementación práctica de la invención se basa esencialmente sobre medidas de atenuaciones sin tener en cuenta particularmente la posición de los terminales con relación a las zonas Z1 a Z3 representadas en las figuras.

En el ejemplo representado en la figura 2A, el terminal TER2 es servido directamente por la estación base BS, sin tener que recurrir a un repetidor. Por el contrario, se prefiere el recurso a al menos un repetidor para servir al terminal TER1 que se sitúa fuera de la zona Z1, es decir que una señal comunicada entre la estación base y el terminal TER1 sufre una atenuación superior al umbral  $dt1$ .

Con referencia ahora a la figura 2B, se asocia otro umbral  $dt2$  a la atenuación hacia el destino TER y define entonces una región Z2 de transmisión posible entre el terminal TER y otro terminal que puede jugar el papel de repetidor si se sitúa en esta región Z2. Esta región Z2 corresponde (en primera aproximación y a título ilustrativo en la figura 2B) a un disco cuyo centro es el destino (terminal TER) y el radio R2 es función creciente del umbral  $dt2$ .

Se determina además la atenuación de una señal entre el origen BS y el destino TER. Esta atenuación es función de la distancia RIS entre la estación base BS y el terminal TER, correspondiente al radio del disco Z3 representado en las figuras 2A, 2B, 3 y 4. Un nodo se convierte en candidato para la repetición de una comunicación hacia el terminal TER, si:

- ya, la atenuación de la señal entre la estación base BS y el terminal TER es superior al umbral  $dt1$ ; si no, no es necesario ningún repetidor,
- si la atenuación de la señal entre el nodo examinado y el destino TER es inferior al umbral  $dt2$ , y
- si la atenuación de la señal entre el nodo examinado y el origen es inferior a la atenuación de la señal entre el destino y el origen; la atenuación de la señal entre el destino y el origen se indica en lo que sigue como DIS.

De ese modo, si el terminal TER a servir no está en la zona Z1 (y que es necesario entonces un repetidor), los terminales candidatos para la repetición se eligen en la zona de intersección RI de la figura 2B.

Para la operación de repetición propiamente dicha, se puede prever que se utilicen todos o parte de los nodos que se convierten en candidatos para la repetición para repetir la señal entre el terminal y el destino. Si se utilizan más de dos terminales para la repetición al mismo tiempo, se funciona preferentemente de manera sincronizada (por ejemplo, con unos códigos espacio-temporales distribuidos o por formación adecuada de haces distribuidos según una técnica de "beamforming").

En una variante ventajosa, se puede evitar la utilización de códigos espacio-temporales o de beamforming y prever que los nodos de la preselección se utilicen uno a uno, individualmente. El terminal elegido para la repetición, en esta realización, es aquel que aporta la mejor ganancia de rendimiento según un criterio considerado (capacidad de transmisión, por ejemplo). En efecto, los nodos candidatos pueden subir a la estación base su ganancia de canal con el terminal de origen y su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido. Posteriormente, la estación base calcula la ganancia de rendimiento que puede permitirse alcanzar cada terminal efectuando la repetición y eligiendo finalmente el nodo de repetición que aporta la mejor ganancia. Un criterio de rendimiento que puede elegirse es la capacidad de transmisión. Por ejemplo, se elige finalmente un nodo candidato si la ganancia en capacidad con la repetición que efectúa es mejor que la ganancia de una transmisión directa (sin repetición).

Se describe a continuación la preselección de los repetidores en vía ascendente (o "uplink"). El nodo de origen es ahora el terminal TER a servir y el nodo de destino es la estación base BS.

Aquí también, un nodo se convierte en candidato para la repetición:

- ya si es necesario un repetidor (por tanto, si el terminal no está en la zona Z1),
- si la atenuación de la señal del nodo examinado hacia el origen TER es inferior al umbral  $dt2$  (es decir si el nodo examinado se encuentra en la zona Z2 de la figura 2B) y
- si la atenuación de la señal del nodo examinado hacia el destino es inferior a la atenuación del origen hacia el destino (es decir si el nodo examinado se encuentra en la zona Z3 como se ha representado en la figura 2B).

Finalmente, no es necesario un repetidor más que si el terminal TER está fuera de la zona Z1 alrededor de la estación base BS, y hay un terminal candidato para la repetición, en este caso, en la región de intersección RI entre la zona Z2 y la zona Z3.

Para el repetidor, pueden elegirse aún dos opciones. Pueden utilizarse todos o parte de los nodos candidatos para la repetición para repetir unas señales hacia el destino, de manera sincronizada (con unos códigos espacio-temporales distribuidos o mediante beamforming distribuido).

Como variante, el terminal finalmente elegido en tanto que repetidor es aquel que aporta la mejor ganancia de rendimiento. Los nodos candidatos suben a la estación base su ganancia de canal con el terminal de origen y su

potencia de interferencia intercelular recibida (más ruido). La estación base calcula a continuación la ganancia de rendimiento aportada por cada repetidor candidato. La estación base elige prioritariamente el nodo que aporta la mejor ganancia de rendimiento para la repetición.

5 Se hace referencia ahora a la figura 3 para describir el caso de una comunicación entre dos terminales ("device-to-device communication" en inglés), principalmente (pero no necesariamente) en situación de multi-salto. El nodo de origen TERS y el nodo de destino TERD son unos terminales. El procedimiento descrito a continuación determina la preselección de los repetidores potenciales entre todos los nodos de la red existentes, entre estos dos terminales TERS y TERD.

10 Los terminales que están más cerca de la estación base BS reciben menos interferencia intercelular y pueden por tanto aportar más ganancia de rendimiento si repiten unas señales. Se distinguen dos casos, comparando:

- 15 - la atenuación que sufre una señal comunicada entre la estación base BS y el terminal de origen TERS, y
- la atenuación que sufre una señal comunicada entre la estación base BS y el terminal de destino TERD.

20 En un primer caso ilustrado en la figura 3, la atenuación entre la estación base BS y el destino TERD es más pequeña que la atenuación entre la estación base BS y el origen TERS. Esta situación se ilustra en la figura 3 por el hecho de que el destino TERD está más próximo a la estación base, por tanto, está más en el centro de la célula que el origen. El destino TERD recibe por tanto menos interferencia intercelular media que el origen TERS. Se define en este caso un primer disco Z2 cuyo centro es el destino TERD y el radio R2 es función del umbral  $dt_2$  (umbral de atenuación de la señal comunicada entre un nodo considerado y el destino TERD). Se define también un segundo disco Z3 cuyo centro es el origen TERS y el radio RIS es función del umbral DIS (atenuación entre el origen y el destino). Los nodos candidatos para la repetición se sitúan en la región de intersección RI entre estas dos zonas Z2 y Z3.

25 En un segundo caso ilustrado en la figura 4, la atenuación entre la estación base BS y el origen TERS es más pequeña que la atenuación entre la estación base BS y el destino TERD. A la inversa del caso precedente, el origen TERS está más próximo al centro de la célula que el destino TERD y recibe menos interferencia intercelular media que el destino. Las posiciones de los terminales TERS y TERD se han de considerar simplemente como invertidas entre la figura 3 y la figura 4. Se define en este segundo caso un primer disco Z2 cuyo centro es el origen TERS y el radio R2 es función del umbral  $dt_2$  (umbral de atenuación de la señal comunicada entre un nodo considerado y el origen TERS). Se define también un segundo disco Z3 cuyo centro es el destino TERD y el radio RIS es función del umbral DIS (atenuación entre el origen y el destino). Los nodos candidatos para la repetición se sitúan en la región de intersección RI entre estas dos zonas Z2 y Z3.

30 De ese modo, un nodo se convierte en candidato para la operación de repetición si su atenuación hacia el nodo más próximo en el centro de la célula (origen (figura 4) o destino (figura 3)) es inferior al umbral  $dt_2$  (lo que significa en otros términos que este nodo está en el disco Z2 de radio R2 función del umbral  $dt_2$ ) y que su atenuación hacia el origen (figura 3) o hacia el destino (figura 4) es inferior a la atenuación del origen hacia el destino DIS (lo que significa en otros términos que está también en el disco Z3 de radio RIS función del umbral DIS).

35 Aquí también, se pueden elegir dos opciones para la elección final de los repetidores. En una primera opción, pueden utilizarse todos los nodos candidatos para la repetición para repetir unas señales hacia el destino, de manera sincronizada. En una segunda opción, se elige inicialmente el nodo candidato que aporta la mejor ganancia de rendimiento, según un criterio dado, para repetir la señal emitida por el origen, subiendo los nodos candidatos sus ganancias de canal y su potencia de interferencia intercelular recibida (más ruido) a la estación base.

40 Los procedimientos descritos anteriormente se refieren a la transmisión entre un origen y un destino en dos saltos. Sin embargo, pueden preverse más de dos saltos en una red celular (en comunicación "multi-salto").

Se pueden plantear entonces las opciones siguientes en comunicación "multi-salto":

- 45 - una transmisión en vía descendente (downlink) para el primer salto (de la estación base BS hacia un repetidor) y la transmisión de terminal a terminal ayudada por al menos un repetidor (por tanto, por al menos otros dos saltos) como se ilustra en la figura 4;
- 50 - una transmisión de terminal a terminal ayudada por al menos un repetidor (por tanto, por al menos dos primeros saltos) como se ilustra en la figura 3, seguida por una transmisión en vía ascendente (uplink) (por tanto, por un salto suplementario de un repetidor hacia la estación base BS);
- 55 - una transmisión entre dos terminales utilizando varios repetidores como se ilustra en una de las figuras 3 y 4.

Se describen en el presente documento a continuación dos ejemplos de implementación y de aplicaciones de la invención. Por supuesto, podrá implementarse una mezcla de las dos implementaciones descritas.

60 Se supone en el presente documento a continuación de las decisiones de ordenamiento ya se han tomado (frecuentemente por la estación base) y en particular que ya se ha elegido un terminal para transmitir o recibir datos.

- 5 Se supone aquí que todos los terminales son servidos por turnos (ordenamiento según un algoritmo de tipo llamado "Round-Robin"). En un ordenamiento de este tipo, cada terminal es servido por turnos; lo que puede efectuarse por ejemplo de la manera siguiente: cada terminal se identifica por un número único y cada estación base forma una lista de los terminales a servir en su zona de cobertura, clasificándose esta lista por ejemplo en orden creciente de los números de los terminales (pudiendo estar predefinida esta regla en la parametrización de la estación base).
- 10 Se considera en el ejemplo descrito en el presente documento a continuación la situación de una señal transmitida por vía descendente (en modo downlink), prestándose la estación base para servir al terminal particular de índice  $i$  utilizando potencialmente un único repetidor, en el ejemplo descrito.
- 15 Con referencia a la figura 5 que define las principales etapas del procedimiento, se predefinen (por simulación y/o por medidas en la célula) el umbral  $dt1$  de atenuación alrededor de la estación base y el umbral  $dt2$  de atenuación alrededor del terminal de destino (etapa 51).
- 20 En la etapa 52, la estación base emite un paquete RTS ("Ready-To-Send" en inglés). Este paquete RTS contiene unos símbolos piloto.
- 25 Los terminales de la célula entienden el paquete RTS y estiman la ganancia de su canal hacia la estación base con ayuda de los símbolos piloto. En un ejemplo de realización, los terminales deducen de la ganancia del canal la atenuación correspondiente. Por ejemplo, la atenuación puede calcularse por la inversa de la ganancia del canal (y tiene entonces en cuenta el desvanecimiento rápido del canal o "fast fading"). Si se desean superar las variaciones rápidas del fast fading para una estimación fiable de la atenuación, se puede calcular por ejemplo la atenuación por una media de la inversa de la ganancia actual y valores de la inversa de la ganancia anteriormente obtenidos y almacenados en la memoria del terminal (por supuesto si estos están disponibles). Además, los terminales estiman la potencia de interferencia intercelular recibida más la potencia de ruido (etapa 53).
- 30 Si la atenuación entre la estación base BS y el destino (terminal  $i$ ) es mayor que el umbral  $dt1$  (flecha KO en la salida de la prueba 54), el destino  $i$  investiga los nodos susceptibles de ayudar a la transmisión en tanto que repetidores. Si no, la transmisión es directa (flecha OK) en la etapa 55. El terminal  $i$  transmite en este último caso un paquete CTS/OFF ("clear-to-send" y "repetidor desactivado": "OFF"): este paquete significa para la estación base que el terminal  $i$  recibirá datos directamente de la estación base.
- 35 En caso de no transmisión directa, el terminal  $i$  transmite un paquete CTS/ON ("clear-to-send", con repetidor activo "ON") que contiene su atenuación a la estación base y unos símbolos piloto (etapa 56). Los terminales que pueden "entender" el paquete CTS/ON estiman la ganancia de su canal hacia el destino  $i$  y su potencia de interferencia intercelular recibida más la potencia del ruido (etapa 57).
- Para todos los terminales  $j$  que han recibido el paquete CTS/ON:
- 40 - si la atenuación de un terminal  $j$  hacia el destino  $i$  es inferior al umbral  $dt2$  (flecha OK en la salida de la prueba 58), y
- si la atenuación del mismo terminal  $j$  hacia la estación base es inferior a la atenuación DIS del destino  $i$  a la estación base (flecha OK en la salida de la prueba 59),
- 45 este terminal se convierte en un repetidor potencial (etapa 60).
- Se precisa que un paquete RTS o CTS designa un conjunto de símbolos, que pueden incluirse en un paquete de radio mayor, como por ejemplo una subtrama de la norma 3GPP LTE.
- 50 El repetidor potencial sube a la estación base su ganancia del canal en el destino y su potencia de ruido y de interferencia intercelular recibida.
- El destino  $i$  sube a la estación base su ganancia de canal hacia la estación base y su potencia de ruido y de interferencia intercelular recibida.
- 55 La estación base elige (etapa 62) el mejor repetidor entre los nodos que han subido sus ganancias de canal hacia el destino (nodos repetidores potenciales). Los mejores repetidores son aquellos que maximizan la capacidad (prueba 61) según el protocolo de transmisión empleado.
- 60 El repetidor elegido se utiliza si la capacidad con el repetidor es superior a la capacidad de transmisión directa. En este caso, el repetidor elegido es informado por un paquete marcador ("flag packet" en inglés).
- La estación base transmite datos al terminal  $i$  y el repetidor elegido ayuda de manera satisfactoria a la transmisión.
- 65 Con referencia a la figura 6, en vía ascendente (uplink), un terminal de origen  $i$  busca transmitir datos a la estación base (considerando en efecto que se ha elegido el terminal  $i$  para transmitir datos a la estación base).

Se define un primer umbral de atenuación  $dt1$  (atenuación a la estación base) y un segundo umbral de atenuación  $dt2$  (atenuación al terminal de origen), en la etapa U1.

5 Si la atenuación entre el terminal  $i$  y la estación base es mayor que el primer umbral  $dt1$  (flecha KO en la salida de la prueba U1), el terminal  $i$  investiga unos nodos repetidores potenciales que pueden ayudar a la transmisión.

El terminal  $i$  transmite un paquete RTS/ON ("ready-to-send" y repetidor "ON") que contiene su atenuación a la estación base y unos símbolos piloto (etapa U2).

10 Los terminales de la célula que reciben el paquete RTS/ON estiman la ganancia de su canal hacia el terminal  $i$ , así como su potencia de ruido y de interferencia intercelular recibida (etapa U3).

La estación base transmite un paquete CTS ("clear-to-send") que contiene símbolos piloto (etapa U4).

15 Los terminales de la célula (incluido el origen  $i$ ) reciben el paquete CTS, y estiman la ganancia de su canal a la estación base, la atenuación correspondiente, así como su potencia de ruido y de interferencia intercelular recibida (etapa U5).

20 Para todos los terminales que han entendido el paquete RTS/ON, si la atenuación del terminal hacia el origen  $i$  es inferior al segundo umbral  $dt2$  (prueba U6) y si la atenuación del mismo terminal a la estación base es inferior a la atenuación del origen  $i$  a la estación base (prueba U7), este terminal se convierte en un repetidor potencial (etapa U8).

25 Como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 5, el repetidor potencial sube a la estación base la ganancia de su canal, ahora hacia el origen  $i$ , así como su potencia de ruido y de interferencia intercelular recibida. El origen  $i$  sube la ganancia de su canal hacia la estación base y su potencia de ruido y de interferencia intercelular a la estación base. La estación base elige el mejor repetidor para el origen  $i$  entre los nodos que han subido la ganancia de sus canales. El mejor repetidor es aquel que maximiza la capacidad de la transmisión según el protocolo de transmisión empleado.

30 Se selecciona un repetidor si la capacidad que proporciona efectuando la repetición es superior a la capacidad de la transmisión directa. En este caso, el repetidor elegido es informado mediante un paquete marcador ("flag packet" en inglés). El origen transmite datos y el repetidor elegido ayuda a la transmisión.

35 De nuevo, si la atenuación entre el terminal  $i$  y la estación base es más pequeña que el primer umbral  $dt1$ , el origen no busca nodos repetidores potenciales para ayudar a la transmisión, porque el origen está entonces suficientemente próximo a la estación base. El terminal  $i$  transmite un paquete RTS/OFF ("ready-to-send" y repetición OFF) para indicar a la estación base que el terminal  $i$  transmitirá los datos directamente a la estación base.

40 Se describe en el presente documento a continuación otra aplicación de la invención con un algoritmo de ordenamiento diferente correspondiente al ordenamiento denominado "max-SNR" (maximización de la relación señal a ruido). En este caso, el terminal servido en cada duración "TTI" es aquel que tiene la mejor calidad de canal.

45 Con referencia a la figura 7, en vía descendente (downlink), se define un primer umbral de atenuación  $dt1$  (atenuación a la estación base) y un segundo umbral de atenuación  $dt2$  (atenuación al terminal de destino) (etapa D0). La estación base transmite (en modo difusión o "broadcast") un paquete RTS ("ready-to-send" en inglés) destinado al terminal  $j$  de la célula, conteniendo este paquete unos símbolos piloto (etapa D1). Cada terminal  $j$  de la célula entiende el paquete RTS y estima la ganancia de su canal hacia la estación base, así como la atenuación correspondiente. Además, cada terminal estima su potencia de ruido y de interferencia intercelular (etapa D2).

50 Para cada terminal  $j$ , si la atenuación entre la estación base y el terminal  $j$  es mayor que el primer umbral  $dt1$  (flecha KO a la salida de la prueba D3), el terminal  $j$  busca unos nodos repetidores potenciales susceptibles de repetir la transmisión. El terminal  $j$  transmite un paquete CTS/ON( $j$ ) (clear-to-send y repetidor ON) que contiene su atenuación hacia la estación base y unos símbolos piloto (etapa D4). Los terminales de la célula que pueden recibir el paquete CTS/ON del terminal  $j$  estiman la ganancia de su canal hacia el terminal  $j$  y su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido (etapa D5). Para todos los terminales que han recibido el paquete CTS(ON( $j$ )):
 

- si la atenuación del terminal hacia el terminal  $j$  es inferior al segundo umbral  $dt2$  (prueba D6) y
- si la atenuación del mismo terminal a la estación base es inferior a la atenuación del destino a la estación base (prueba D7),

60 ese terminal se convierte en un repetidor potencial (etapa D8).

65 El repetidor potencial para el terminal  $j$  sube a la estación base su ganancia del canal en el destino y su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido. El terminal  $j$  sube a la estación base su ganancia del canal hacia la

estación base y su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido. La estación base elige el mejor repetidor entre los nodos que han subido su ganancia de canal hacia el terminal  $j$ . El mejor repetidor para los terminales  $j$  es aquel que maximiza la capacidad.

5 La estación base calcula la capacidad de los terminales  $j$  teniendo en cuenta sus repetidores potenciales indicados por " $r$ ". Si una capacidad obtenida gracias a la operación de repetición para un terminal  $j$  dado es superior a la capacidad de la transmisión directa (entre la estación base y el terminal a servir), entonces se considera para este terminal  $j$  la capacidad con repetición. Si no, la capacidad considerada para el terminal  $j$  es la de la transmisión directa con la estación base. En este caso, la estación base mantiene preferentemente en memoria la capacidad  
10 estimada para cada terminal  $j$  (indicada por  $C(j)$ ).

Si la atenuación entre la estación base y cada terminal  $j$  es más pequeña que el primer umbral  $dt1$ , el terminal  $j$  no busca nodos repetidores susceptibles de ayudar a la transmisión y transmite un paquete CTS/OFF( $j$ ) indicando a la estación base y a los otros nodos de su proximidad que el terminal  $j$  recibirá los datos directamente de la estación  
15 base. La capacidad considerada para el terminal  $j$  es entonces la de la transmisión directa. La estación base mantiene en memoria la capacidad  $C(j)$ .

La estación base sirve al terminal que tiene la mejor capacidad entre todos los terminales de la célula, siendo ayudada eventualmente la transmisión por un repetidor que ofrece una mejor capacidad que la transmisión directa.  
20

En vía ascendente (uplink), en el algoritmo de ordenamiento max-SNR con repetidor, se define un primer umbral de atenuación  $dt1$  (atenuación a la estación base) y un segundo umbral de atenuación  $dt2$  (atenuación al terminal de destino) (etapa 81).

25 Si la atenuación entre el terminal  $j$  y la estación base es mayor que el primer umbral  $dt1$  (flecha KO en la salida de la pro 82), el terminal  $j$  busca unos nodos repetidores potenciales que puedan ayudar a la transmisión. El terminal  $j$  transmite un paquete RTS/ON( $j$ ) conteniendo su atenuación a la estación base y unos símbolos piloto (etapa 83). Los terminales de la célula que reciben el paquete RTS/ON( $j$ ) estiman su ganancia de canal hacia el terminal  $j$ , la atenuación correspondiente, así como su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido (etapa 84).  
30

La estación base transmite un paquete CTS( $j$ ) conteniendo unos símbolos piloto para cada terminal  $j$  (etapa 85). Los terminales de la célula (incluido el terminal  $j$ ) reciben el paquete CTS, estiman su ganancia de canal a la estación base y su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido (etapa 86). Para todos los terminales  $i$  que han recibido paquetes de RTS/ON( $j$ ), si la atenuación de un terminal  $i$  hacia el terminal  $j$  es inferior al segundo umbral  $dt2$  (prueba 87) y si la atenuación del mismo terminal  $i$  a la estación base es inferior a la atenuación del terminal  $j$  a la estación base (prueba 88), este terminal se convierte en un repetidor potencial (etapa 89).  
35

El repetidor potencial para el terminal  $j$  sube a la estación base su ganancia del canal al origen y también su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido. El terminal  $j$  sube su ganancia del canal hacia la estación base y su potencia de interferencia intercelular recibida más ruido a la estación base. La estación base elige el mejor repetidor para el terminal  $j$  entre los nodos que han subido su ganancia de canal. El mejor repetidor es aquel que permite alcanzar una capacidad máxima según el protocolo de transmisión empleado. Si una capacidad obtenida gracias a la operación de repetición para el terminal  $j$  es superior a la capacidad de la transmisión directa, entonces se considera para el terminal  $j$  la capacidad con repetición. Si no, la capacidad considerada para el terminal  $j$  es la de la transmisión directa. La estación base mantiene en memoria la capacidad  $C(j)$  para cada terminal  $j$ .  
40  
45

La estación base sirve al terminal que tiene la mejor capacidad entre todos los terminales de la célula, siendo ayudada eventualmente la transmisión por la repetición asociada al terminal seleccionado.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de selección de al menos un nodo dinámico en una red móvil, en tanto que candidato para repetir una señal de comunicación de datos entre una entidad emisora y una entidad receptora de la red, que incluye las etapas:
- determinar al menos un primer conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre un nodo del primer conjunto y al menos una primera entidad entre dichas entidades emisora y receptora sufre una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado (dt1; dt2; DIS),
- 10 caracterizado por que incluye además las etapas:
- determinar una intersección (RI) entre el primer conjunto (Z2) y un segundo conjunto (Z3) de nodos tales que una señal comunicada entre un nodo del segundo conjunto y la segunda entidad entre dichas entidades emisora y receptora sufre una atenuación inferior a un umbral (DIS) correspondiente a una atenuación de señal entre la entidad emisora y la entidad receptora, y
  - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación a los nodos de dicha intersección de conjuntos.
- 15
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, al ser la red móvil una red celular que incluye estaciones base que sirven a los terminales en unas células de la red, la primera entidad es un terminal (TER) y la segunda entidad es una estación base (BS).
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que la primera entidad es un terminal y la segunda entidad es una estación base, en los dos casos en los que:
- la señal de comunicación de datos se transmite (DL) desde la estación base y con destino en el terminal, y
  - la señal de comunicación de datos se transmite (UL) desde el terminal y con destino en la estación base.
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado por que incluye las etapas:
- determinar una atenuación que sufre una señal comunicada entre el terminal y la estación base, y
  - si la atenuación de dicha señal entre el terminal y la estación base es inferior a un segundo umbral predeterminado (dt1), decidir una transmisión directa de la señal de comunicación entre la estación base y el terminal, sin tener que recurrir a un repetidor.
- 35
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, siendo la red móvil una red celular que incluye estaciones base que sirven a unos terminales en unas células de la red, la primera entidad y la segunda entidad son unos terminales (TERS, TERD), y por que una señal comunicada entre la primera entidad y la estación base sufre una atenuación menor que una señal comunicada entre la segunda entidad y la estación base.
- 45 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el primer umbral y/o el segundo umbral se eligen inferiores a una atenuación (DIS) que sufre una señal comunicada directamente entre las entidades emisora y receptora.
- 50 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado por que los terminales suben a las estaciones base que sirven a su célula una información sobre un canal y/o sobre una interferencia intercelular y ruido, y por que la estación base determina al menos un terminal en tanto que nodo repetidor, entre los nodos de la intersección de conjuntos (RI), en función de las informaciones que suben los terminales.
- 55 8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que la estación base determina un subconjunto que incluye al menos un terminal en tanto que nodo repetidor que proporciona un óptimo de ganancia de capacidad de transmisión, estimada en función de dichas informaciones que suben los terminales.
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los nodos de la red transmiten, a la entidad emisora y/o a la entidad receptora, una señal de prueba que contiene una información que permite deducir una atenuación de señal respectivamente hacia la entidad emisora y/o hacia la entidad receptora.
- 65 10. Programa informático que incluye unas instrucciones para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, cuando se ejecuta este programa por un procesador.
11. Estación base de una red celular, que incluye unos medios de selección de al menos un nodo dinámico de la red, en tanto que candidato para repetir una señal de comunicación de datos entre la estación base y un terminal objetivo de la red, disponiéndose dichos medios de selección para:

- determinar al menos un primer conjunto de terminales tales que una señal comunicada entre la estación base (BS) y un terminal del primer conjunto sufra una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado ( $dt_1$ ; DIS),

5 caracterizada por que los medios de selección se disponen además para:

- determinar una intersección (RI) entre el primer conjunto (Z2) y un segundo conjunto (Z3) de nodos de la red tales que una señal comunicada entre el terminal objetivo y un nodo del segundo conjunto sufra una atenuación inferior a un segundo umbral predeterminado ( $dt_2$ ; DIS), y
- 10 - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación a los nodos de dicha intersección de conjuntos.

12. Terminal destinado a emitir/recibir una señal de comunicación de datos en una red móvil, que incluye unos medios de selección de al menos un nodo dinámico de la red, en tanto que candidato para repetir la señal de comunicación de datos entre dicho terminal y una entidad objetivo de la red, disponiéndose dichos medios de selección para:

- determinar al menos un primer conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre el terminal y un nodo del primer conjunto sufra una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado ( $dt_2$ ; DIS),

20 caracterizado por que los medios de selección se disponen además para:

- determinar una intersección (RI) entre el primer conjunto y un segundo conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre la entidad objetivo y un nodo del segundo conjunto sufra una atenuación inferior a un segundo umbral predeterminado ( $dt_1$ ; DIS), y
- 25 - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación a los nodos de dicha intersección de conjuntos.

13. Sistema que incluye al menos un terminal y una estación base, destinado a una red celular, que incluye unos medios de selección de al menos un nodo dinámico de la red, en tanto que candidato para repetir una señal de comunicación de datos entre la estación base y el terminal, disponiéndose dichos medios de selección para:

- determinar al menos un primer conjunto de nodos de la red tales que una señal comunicada entre un nodo del primer conjunto y al menos una entidad entre el terminal y la estación base sufra una atenuación inferior a un primer umbral predeterminado ( $dt_1$ ;  $dt_2$ ; DIS),

35 caracterizado por que los medios de selección se disponen además para:

- determinar una intersección (RI) entre el primer conjunto (Z2) y un segundo conjunto (Z3) de nodos tales que una señal comunicada entre un nodo del segundo conjunto y la segunda entidad entre dichas entidades emisora y receptora sufra una atenuación inferior a un umbral (DIS) correspondiente a una atenuación de señal entre la entidad emisora y la entidad receptora, y
- 40 - limitar la selección de nodos en tanto que candidatos posibles para repetir la señal de comunicación a los nodos de dicha intersección de conjuntos.

45

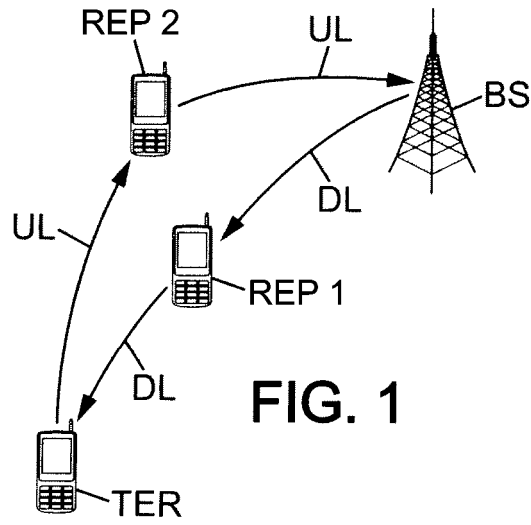


FIG. 1

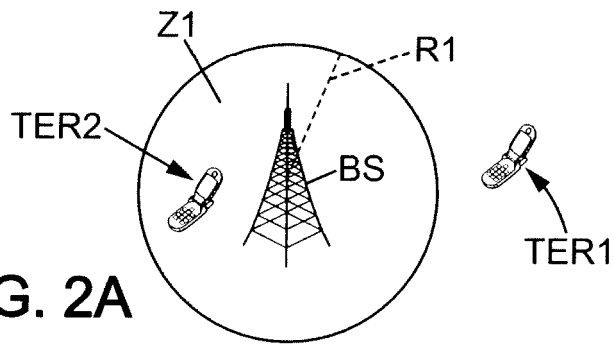


FIG. 2A

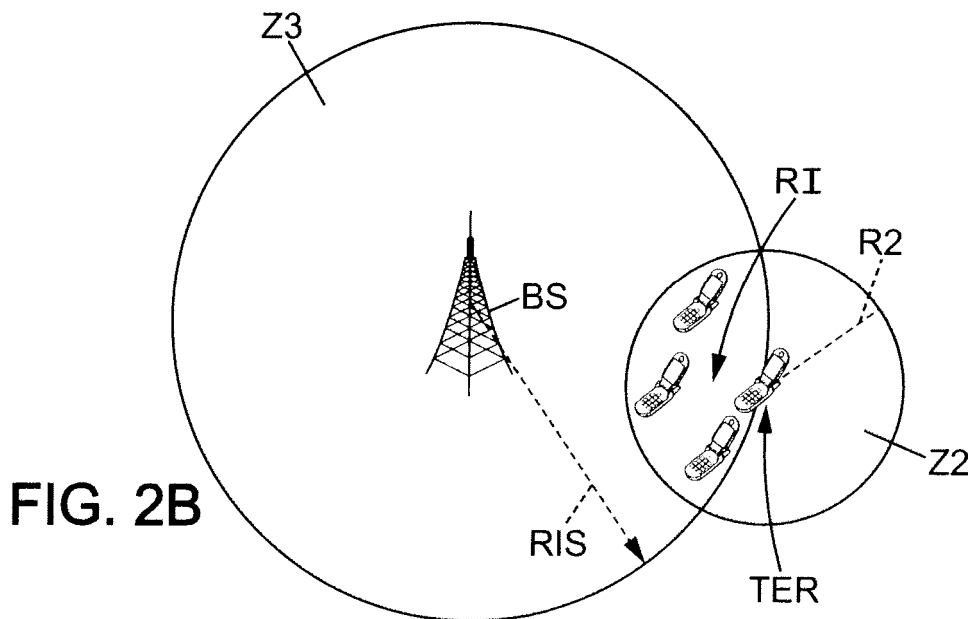


FIG. 2B



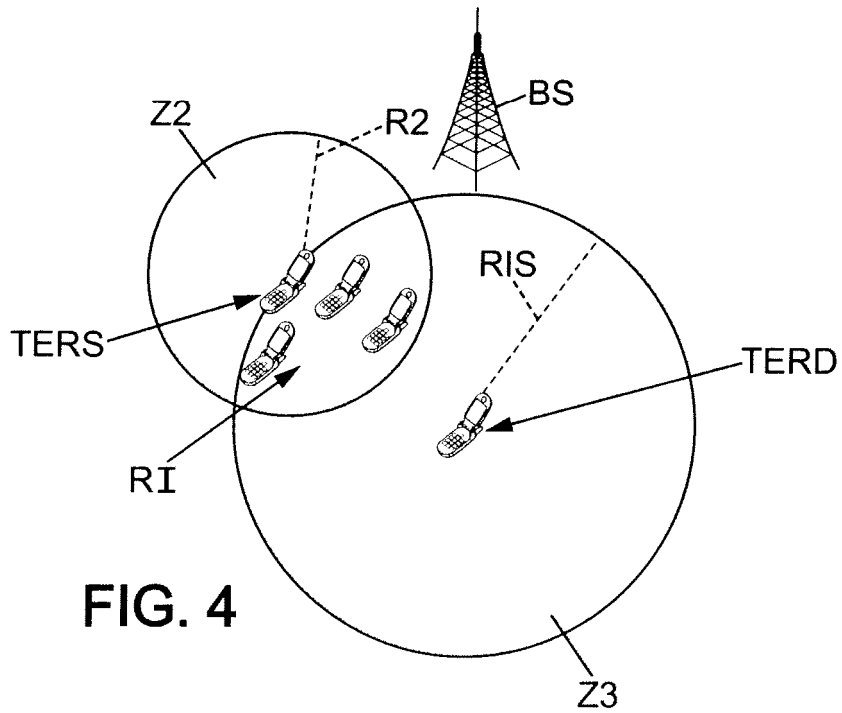
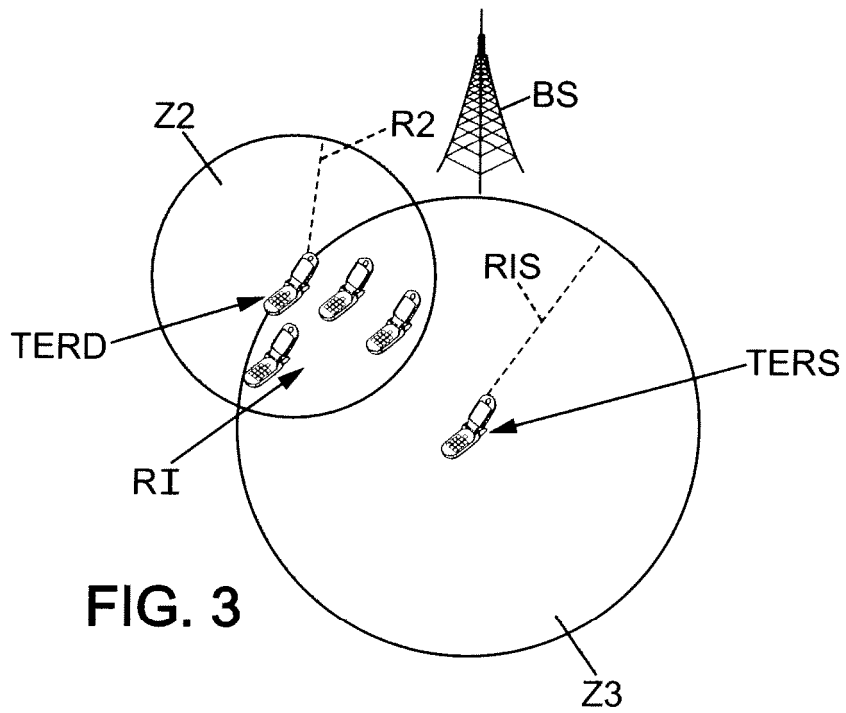
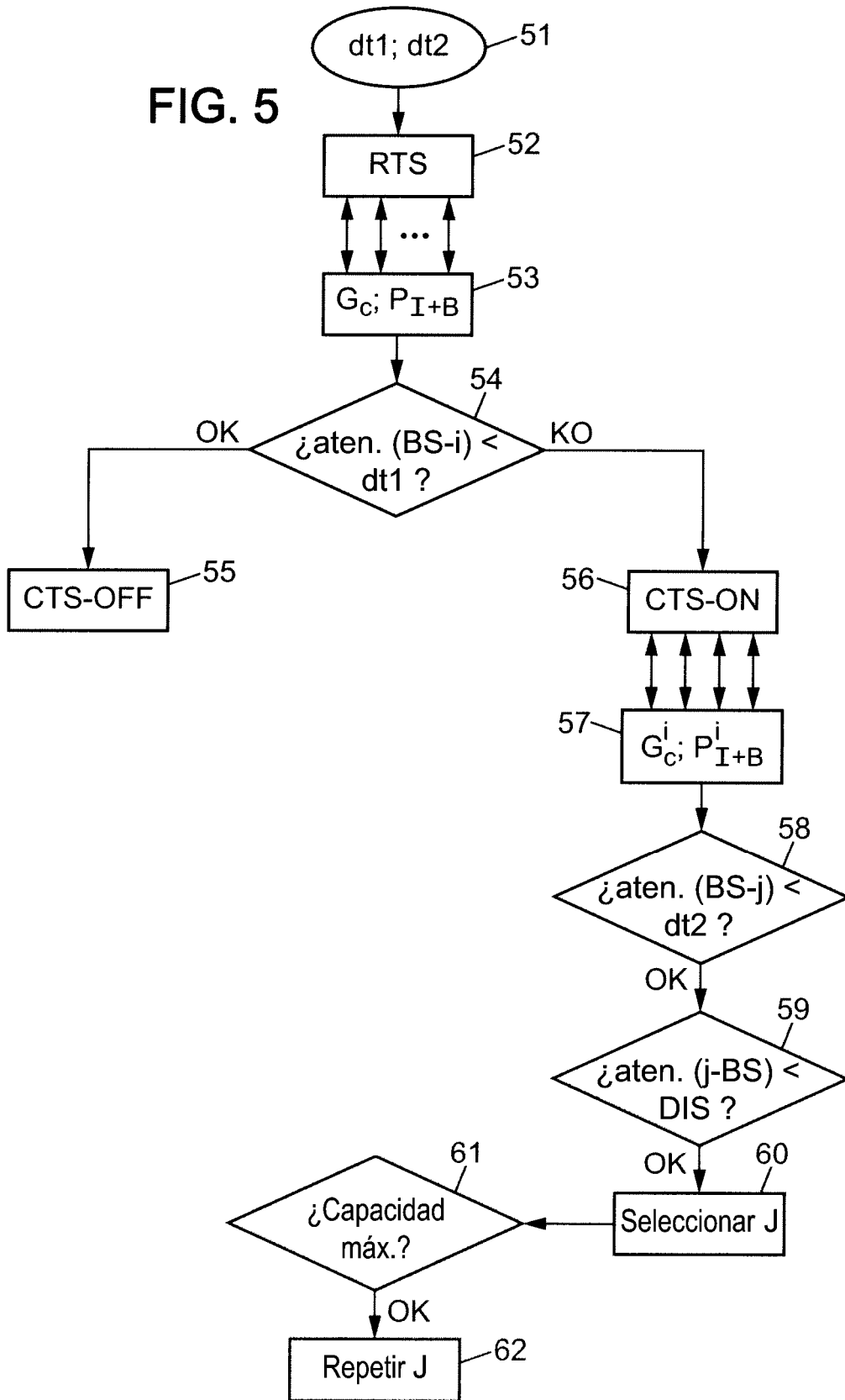


FIG. 5



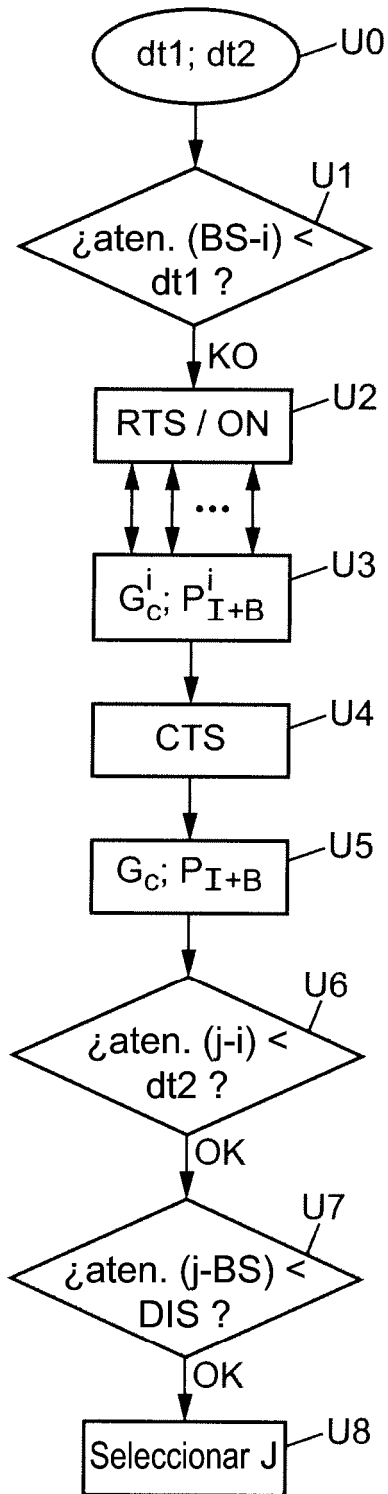


FIG. 6

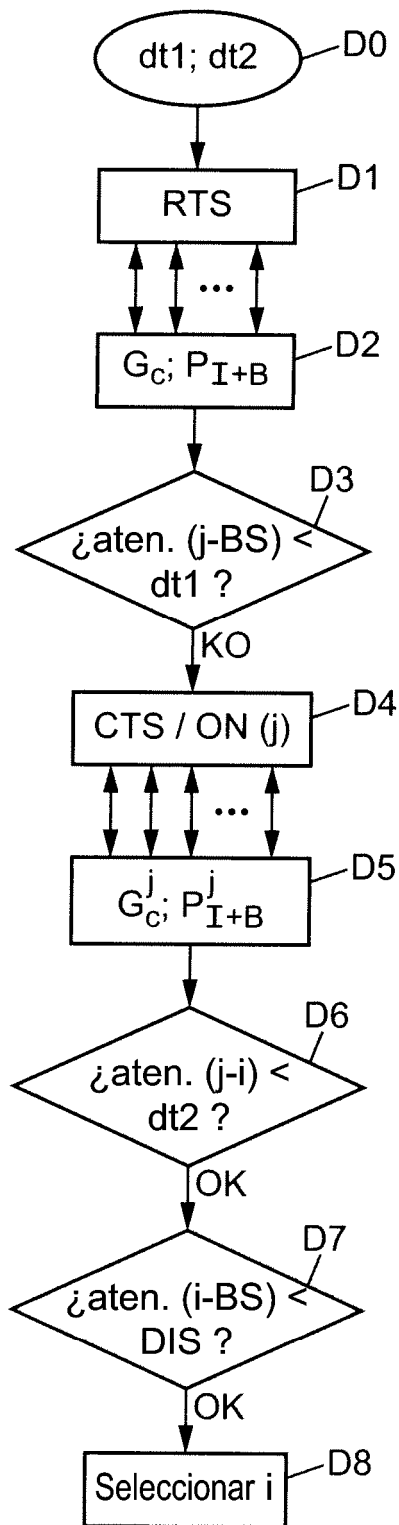


FIG. 7

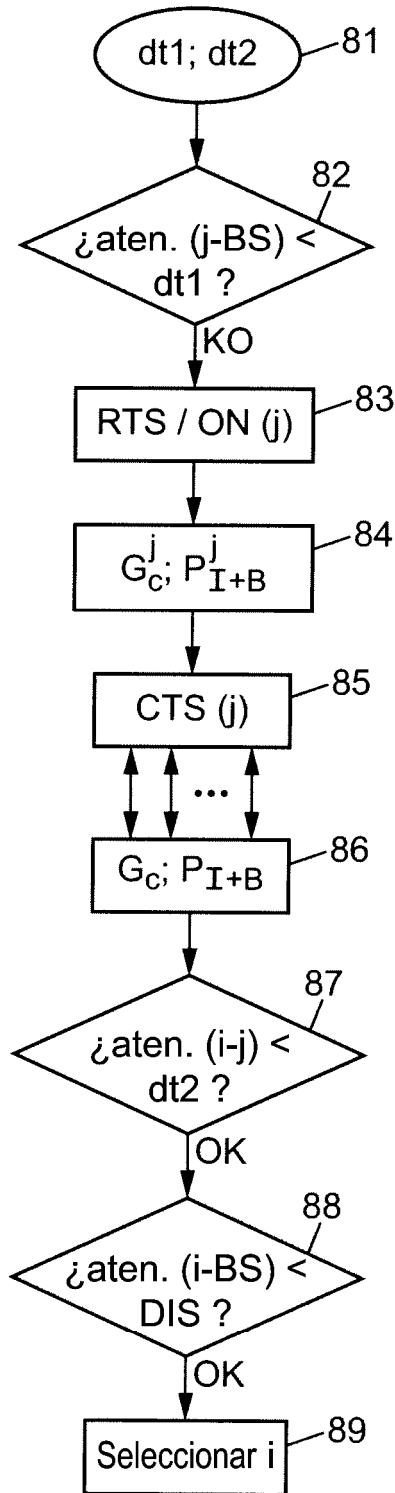


FIG. 8