

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 783**

51 Int. Cl.:

H04W 84/12 (2009.01)

H04W 92/02 (2009.01)

H04W 40/24 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2015** **E 15189229 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019** **EP 3010305**

54 Título: **Procedimiento para facilitar la comunicación entre nodos pertenecientes a diferentes redes inalámbricas**

30 Prioridad:

13.10.2014 GB 201418085

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

20.02.2020

73 Titular/es:

**THALES HOLDINGS UK PLC (100.0%)
350 Longwater Avenue, Green Park
Reading, Berkshire RG2 6GF, GB**

72 Inventor/es:

ASGARI, ABOLGHASEM

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 743 783 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

Procedimiento para facilitar la comunicación entre nodos pertenecientes a diferentes redes inalámbricas

Campo

5 Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren generalmente a procedimientos y sistemas para facilitar la comunicación entre nodos que pertenecen a diferentes redes inalámbricas.

Antecedentes

10 Las redes inalámbricas permiten que grupos de nodos (usuarios) se comuniquen cuando están dentro del alcance de radio directo entre sí o en rangos algo más largos mediante saltos múltiples a través de otros nodos. Las redes inalámbricas ad hoc son un tipo particular y descentralizado de red inalámbrica. Se les conoce como "ad hoc" porque no dependen de infraestructura preexistente, como enrutadores en redes cableadas o puntos de acceso en redes inalámbricas administradas (infraestructura). En cambio, cada nodo participa en el enrutamiento al reenviar datos para otros nodos, por lo que la determinación de qué nodos reenvían datos se realiza dinámicamente en función de la conectividad de la red.

15 Un problema encontrado con redes ad hoc es la movilidad de los nodos, que pueden conducir a cambios en la topología frecuentes e impredecibles en la red(es). Por ejemplo, diferentes redes ad hoc pueden fusionarse para formar una sola red, o una red ad hoc individual puede dividirse en dos o más de tales redes; típicamente, dicha partición ocurre cuando los usuarios se desconectan de otros usuarios dentro del grupo a través de barreras físicas y distancia. Otro desafío para las redes ad hoc móviles es la resolución de direcciones duplicadas asignadas cuando dos o más particiones se fusionan.

20 Se deduce que es deseable proporcionar formas de gestionar la conectividad entre redes ad hoc inalámbricas.

El documento US 6 304 556 B1 divulga protocolos de enrutamiento y gestión de movilidad para redes ad hoc. El documento EP 2 552 151 A1 describe un procedimiento y un sistema para el control centralizado de asociaciones de estaciones móviles, enrutamiento y control de velocidad en redes inalámbricas.

Sumario

25 La invención se presenta en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de las figuras

A continuación, se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 La figura 1 muestra un esquema de una arquitectura de red para su uso en la implementación de un procedimiento de acuerdo con una realización descrita en el presente documento;

La figura 2 muestra un esquema de funciones alojadas en la nube que interactúan con las funciones de puerta de enlace alojadas en un nodo de red en una realización descrita en el presente documento;

La figura 3 muestra un esquema de una arquitectura funcional para su uso en la implementación de un procedimiento de acuerdo con una realización descrita en el presente documento;

35 La figura 4 muestra ejemplos de redes ad hoc que tienen una profundidad de red de 3;

La figura 5 muestra un ejemplo en el que la dirección asignada de un nodo en una primera red ad hoc se altera para evitar la duplicación con un nodo en una segunda red ad hoc, de acuerdo con una realización descrita en el presente documento;

40 La figura 6 muestra un ejemplo en el que la dirección de un nodo en una primera red ad hoc se altera para evitar la duplicación con un nodo en una segunda red ad hoc, de acuerdo con otra realización descrita en el presente documento;

La figura 7 muestra un ejemplo en el que la dirección de un nodo en una primera red ad hoc se altera para evitar la duplicación con un nodo en una segunda red ad hoc, de acuerdo con otra realización descrita en el presente documento;

45 La figura 8 muestra un ejemplo en el que dos nodos presentes en la misma red ad hoc reciben cada uno mensajes de información de vecindad y pueden identificarse entre sí como pertenecientes a la misma red ad hoc;

La figura 9 muestra un ejemplo de dos redes ad hoc que tienen la misma topología y direcciones de nodo entre sí, por lo que no es posible distinguir cuál de las dos redes origina un mensaje de información de vecindad particular;

La figura 10 muestra un ejemplo de cómo el número de topologías diferentes que una red puede tener escala con el número de nodos en la red;

La figura 11 muestra un ejemplo de cómo la probabilidad de que dos redes ad hoc que tengan la misma topología se formen simultáneamente varía con el número de nodos en esas redes;

5 La figura 12 muestra un ejemplo de conexión de redes ad hoc que pertenecen a diferentes misiones, de acuerdo con una realización descrita en el presente documento.

La figura 13 muestra un ejemplo de un algoritmo para la implementación de un procedimiento de acuerdo con una realización descrita en el presente documento;

10 La figura 14 muestra un ejemplo de cómo se puede seleccionar un nodo en una primera red ad hoc para que actúe como una puerta de enlace para comunicarse con los nodos en otras redes ad hoc considerando la conectividad de los nodos respectivos dentro de la primera red ad hoc;

La figura 15 muestra ejemplos de cómo se puede implementar el manejo de voz/datos después de la fusión de dos redes ad hoc, de acuerdo con una realización descrita aquí;

15 La figura 16 muestra un ejemplo de un dispositivo de comunicación inalámbrico para poner en práctica una realización descrita en el presente documento; y

La figura 17 muestra un ejemplo de un dispositivo de servidor basado en la nube para poner en práctica una realización descrita en el presente documento.

Descripción detallada

20 Una forma de realización proporciona un procedimiento para establecer una comunicación entre un primer nodo en una primera red inalámbrica y nodos de otra red inalámbrica, comprendiendo el procedimiento:

proporcionar, en el primer nodo, una interfaz para interactuar con una instalación de red externa, la instalación de red externa que comprende un módulo de descubrimiento de topología;

25 enviar un mensaje de información de vecindad desde el primer nodo al módulo de descubrimiento de topología, en el que el mensaje de información de vecindad proporciona una indicación de los nodos en la primera red inalámbrica con la que el primer nodo puede comunicarse actualmente, el módulo de descubrimiento de topología está configurado para calcular la topología de redes a las que pertenecen los nodos respectivos en función de los mensajes de información de vecindad recibidos por el módulo de descubrimiento de topología de esos nodos;

30 recibir en el primer nodo, información enviada desde la instalación de red externa para establecer una vía de comunicación entre el primer nodo y los nodos de una segunda red inalámbrica, siendo identificada la segunda red inalámbrica por el módulo de descubrimiento de topología como teniendo una topología de red diferente de la primera red inalámbrica.

Otra forma de realización proporciona un procedimiento para facilitar la comunicación entre los nodos que pertenecen a diferentes redes inalámbricas, comprendiendo el procedimiento:

35 i) recibir mensajes de información de vecindad enviados desde los nodos de red respectivos, en el que cada mensaje de información de vecindad recibido proporciona una indicación de otros nodos con los cuales el nodo que envió el mensaje puede comunicarse actualmente;

ii) para cada nodo desde el que se recibe un mensaje de vecindad, utilizando los mensajes de vecindad recibidos para calcular la topología de una red a la que pertenece ese nodo;

40 iii) determinar, basándose en las topologías de red calculadas, si los respectivos nodos pertenecen a redes separadas entre sí; en el que en el caso de que se determine que los respectivos nodos pertenecen a redes separadas, el procedimiento comprende, además:

iv) identificar dentro de cada una de las redes separadas un nodo que sirva como nodo de puerta de enlace para unir la comunicación entre las redes separadas; y

45 v) proporcionar una vía a través de una red externa que los nodos de la puerta de enlace puedan comunicarse entre sí.

Otra realización proporciona un dispositivo de comunicación operable para actuar como un nodo en una primera red inalámbrica, el dispositivo de comunicación que comprende:

un módulo de interfaz de instalación de descubrimiento de topología operable para:

50 establecer una interfaz para interactuar con una instalación de descubrimiento de topología proporcionada externamente,

enviar un mensaje de información de vecindario a la instalación de descubrimiento de topología, en el que el mensaje de información de vecindario proporciona una indicación de los otros nodos en la primera red con la que el dispositivo de comunicación puede comunicarse actualmente, el módulo de descubrimiento de topología está

configurado para calcular la topología de redes a qué nodos respectivos pertenecen según los mensajes de información de vecindad recibidos por el módulo de descubrimiento de topología de esos nodos; recibir una indicación de un segundo dispositivo de comunicación identificado por el módulo de descubrimiento de topología como uno con el cual el dispositivo de comunicación no puede comunicarse actualmente, el segundo dispositivo de comunicación identificado por la instalación de descubrimiento de topología como perteneciente a una red que tiene una topología de red diferente de la primera red inalámbrica; y recibir información para configurar una vía de comunicación entre el dispositivo de comunicación y el segundo dispositivo de comunicación.

Las realizaciones descritas en el presente documento buscan identificar y proporcionar conectividad bajo demanda para redes ad hoc particionadas/disjuntas. En comparación con los procedimientos convencionales de puente de redes, las realizaciones descritas en el presente documento no se basan en ningún esquema de direccionamiento específico o protocolo de enrutamiento, sino que detectan la partición con la ayuda de un sistema externo, utilizando información intercambiada entre nodos vecinos para unir las redes automáticamente. El sistema externo puede, por ejemplo, comprender una red de conectividad externa y una infraestructura en la nube, con funciones en la nube alojadas en plataforma/s en un centro(s) de operación.

Las realizaciones descritas funcionan en las capas de control y gestión independientemente de la tecnología de red específica que conecta redes ad hoc particionadas/disjuntas. Al hacerlo, es posible colocar las funciones requeridas en el sistema externo, lo que permite administrar y ofrecer servicios de conectividad a gran escala.

Además de ampliar la accesibilidad de las redes ad hoc, las realizaciones descritas en el presente documento pueden también proporcionar medios para la detección de direcciones duplicadas entre redes ad hoc, especificando la funcionalidad de puerta de enlace y el uso de un modelo Publicar/Suscribir (Pub/Sub) fiable con el fin tener un enfoque unificado para manejar el control y la información del plano de datos intercambiados entre el sistema externo y los nodos de red ad hoc. Las realizaciones descritas en el presente documento también pueden proporcionar medios para multiplexar múltiples misiones utilizando una red externa al abordar problemas de red de redes orientadas a la misión con la arquitectura funcional propuesta adaptada a los detalles de estas redes ad hoc. Una red orientada a la misión puede entenderse como una red ad hoc que tiene conectividad dinámica y movilidad de red dirigida a una misión específica donde la red puede dividirse o fusionarse en el momento de la operación.

Dichas redes pueden estar destinadas a la seguridad pública, misiones de socorro en casos de desastre, aplicación de la ley u operaciones militares, por ejemplo.

La figura 1 muestra un ejemplo de un grupo de redes 1, 2, 3 ad hoc disjuntas en el que cada red ad hoc comprende un grupo respectivo de nodos capaces de transmitir datos de forma inalámbrica entre ellos. En el contexto de la presente solicitud, se entenderá que el término "nodo" se refiere a un dispositivo de comunicación que tiene la capacidad de transmitir y/o recibir datos de forma inalámbrica entre otros dispositivos de este tipo. Los nodos pueden, por ejemplo, comprender nodos PST (Terminal Seguro Personal).

Las redes 1, 2, 3 ad hoc son disjuntas en el sentido de que los nodos en una red no son capaces de transmitir datos directamente a los nodos en otra red. Por ejemplo, los nodos en la red 1 ad hoc no pueden comunicarse directamente con los nodos en la segunda red 2 ad hoc. Del mismo modo, los nodos en la segunda red ad hoc no pueden transmitir datos directamente a los nodos en la tercera red 3 ad hoc. Es posible, por ejemplo, que cada red ad hoc se encuentre fuera del rango de comunicación de las otras dos redes.

En las realizaciones descritas en el presente documento, las redes 1, 2, 3 ad hoc se puede salvar, haciendo uso de portadores de comunicación oportunistas por ejemplo 3G/Wi-Fi para forjar conexiones entre ellos. Con referencia aún a la figura 1, las redes de conectividad externas pueden utilizar funciones de puente centralizadas alojadas en una infraestructura en la nube, para conectar nodos/usuarios de red ad hoc ubicados en las redes ad hoc respectivas. Aquí, los nodos 5, 7, 9 seleccionados en las redes ad hoc respectivas actúan como puertas de enlace a la red externa pública/privada y posteriormente a la nube para transmitir mensajes de control o voz/datos entre redes ad hoc. En la práctica, cualquier red externa pública/privada disponible se puede utilizar para habilitar la conectividad de largo alcance bajo demanda entre las redes ad hoc mediante la utilización de una serie de funciones de red y administración alojadas en la nube y proporcionando voz/nodo de nodo a nodo extendido comunicación de datos.

La figura 2 muestra un esquema de entidades funcionales y sus interacciones y servicios de valor agregado proporcionados por la nube y por los nodos de puerta de enlace en cada red ad hoc para puentear las redes ad hoc. Las interacciones entre las entidades funcionales se discuten con más detalle con referencia a la figura 3, que muestra una arquitectura funcional propuesta para permitir el puente de dos o más redes ad hoc.

Con referencia a la figura 3, la arquitectura propuesta especifica tres niveles de funciones para detectar y fusionar redes ad hoc particionadas/disjuntas. El primer nivel (funciones de red ad hoc) 31 especifica un conjunto de funciones en cada puerta de enlace de red ad hoc que juntas brindan servicios de información de control/plano de datos a la nube y la red ad hoc. El segundo nivel (funciones de control de Pub/Sub fiables) 33 proporciona servicios de publicación/suscripción en los planos de control y de datos por la nube. Las funciones del segundo nivel se pueden especificar como: 1) suscripción, filtrado y entrega de información de control/señalización 2) entrega

confiable de datos. El concepto confiable de modelo Pub/Sub ha sido descrito previamente, por ejemplo, en M. Antikainen, "Entrega confiable de datos para redes de publicación/suscripción", TKK T-110.5190 Seminario sobre Internetworking, mayo de 2010". El tercer nivel introduce un conjunto de funciones 35a, 35b de cooperación que proporcionará la nube, incluidas "funciones de control de red" para ayudar a detectar la partición/fusión y seleccionar una puerta de enlace para transmitir voz/datos y otras "funciones de valor agregado" requeridas. Las funciones en este nivel también incluyen descubrimiento de topología para establecer la conectividad de red.

Se entenderá que, en el contexto de la presente solicitud, la "nube" se refiere a software, plataformas y la infraestructura que son accesibles de forma remota a través de una red que es externa a las redes ad hoc individuales; las funciones de control de red discutidas anteriormente pueden, por ejemplo, estar alojadas en un servidor o grupo de servidores conectados a través de una red de comunicación como Internet, una intranet, una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), donde los servidores están ubicados en ubicaciones remotas desde los nodos reales en las redes ad hoc.

Un procedimiento por el cual la arquitectura mostrada en la figura 3 se puede utilizar para proporcionar conectividad entre redes ad hoc disjuntos se describirá a continuación, con referencia también a las figuras 4 a 6.

En el procedimiento actualmente descrito, cada nodo en una red ad hoc necesita mantener una imagen de red completa en términos de su propia y la conectividad de otros nodos. Para hacerlo, los nodos en cada red ad hoc (disjunta) transmiten y reciben mensajes Hello a/desde sus respectivos nodos vecinos. Los mensajes Hello contienen una indicación de qué otros nodos se encuentran a uno o más saltos de distancia. Los mensajes Hello se pueden intercambiar entre nodos periódicamente (por ejemplo, cada 2 segundos) o a intervalos aleatorios, para mantener actualizado el estado de la red. Se supone que a los nodos de la red ad hoc se les asignan direcciones de nodos y el proceso de detección y resolución de direcciones duplicadas dentro de cada red ad hoc se llevará a cabo utilizando los mensajes Hello intercambiados antes del inicio de cualquier operación de puente.

La cantidad de información que cada nodo debe almacenar dependerá de la profundidad de la red. Como ejemplo, la figura 4 muestra dos redes con una profundidad de red máxima de tres nodos. En este caso, la imagen de red completa se puede construir si cada nodo ad hoc mantiene un registro de los nodos ubicados a 1 salto de distancia (que serán aquellos de los cuales el nodo recibe mensajes Hello) y los nodos ubicados a 2 saltos de distancia, donde los detalles de los nodos ubicados a 2 saltos de distancia también se incluirán en los mensajes Hello recibidos. Para redes extendidas con mayor profundidad, los mensajes Hello deben incluir más vecinos de salto, cuyo número final se ampliará con la profundidad de la red. Los nodos que pertenecen a la misma misión (si la red está particionada/disjunta o no) usan un identificador de misión único (Mid).

Los nodos que son capaces de conectarse a una red externa (denominado en el presente documento como potenciales nodos de pasarela PGW) utilizan los mensajes Hello que han recibido para formular mensajes Neilnfo, que luego transmiten a la red externa. En esencia, un mensaje de Neilnfo proporciona un resumen del entorno vecinal de la red de la PGW que envía el mensaje. Como ejemplo, el formato de mensaje de un mensaje Neilnfo enviado desde una PGW en una red con una profundidad de tres puede ser: {Misión Id (Mid), dirección de nodo PGW, lista de vecinos de 1 salto, lista de vecinos de 2 saltos; DA detectado}. (Aquí, el término "DA" define una "dirección duplicada"; como se analiza con más detalle a continuación, la Neilnfo puede incluir una indicación de si se detecta que un nodo en otra de las redes ad hoc tiene la misma dirección que el nodo que envía el presente mensaje de Neilnfo).

Hay que señalar que el intercambio de mensajes Neilnfo no es análogo al envío de mensajes Hello; los mensajes Hello transmiten que los nodos que intercambian mensajes son vecinos en la red. La Neilnfo, por el contrario, no transmite que las puertas de enlace que intercambian la Neilnfo son necesariamente vecinas. Cualquier nodo en la red ad hoc, que tiene la capacidad de conectividad de red externa, puede verse como una puerta de enlace potencial (PGW) y puede pasar Neilnfo a la nube para el descubrimiento de topología de red ad hoc.

Las PGW crean y transmiten mensajes Neilnfo al módulo de detección de la topología en la nube, a través de las Funciones de Control Pub/Sub. El módulo de descubrimiento de topología utilizará la información en los mensajes de Neilnfo para calcular un gráfico de topología de red. Sin embargo, antes de que el módulo descubrimiento de topología lo haga, debe tenerse en cuenta cualquier duplicación de direcciones de nodo en la red ad hoc. Para facilitar la alteración de direcciones duplicadas, el Servicio de notificación de Pub/Sub reenvía cada mensaje de Neilnfo que recibe de una PGW respectivo a las otras PGW con las que está en contacto, permitiendo así que las PGW que tienen el mismo Mid determinen si un nodo en su red ad hoc respectiva comparte la misma dirección que un nodo en una de las otras redes ad hoc. Al detectar una dirección duplicada en su red respectiva, una PGW solicitará al nodo relevante que cambie su dirección, esta información se incluye en el siguiente mensaje Hello dirigido al nodo en cuestión. Al cambiar su dirección, cada nodo debe evitar el uso de una dirección que ya se conoce, en función de la información local disponible en ese nodo. Para no inundar la red con "mensajes de dirección duplicados", cualquier nodo receptor puede eliminar los mensajes de dirección duplicados con la misma dirección duplicada repetida. Los mensajes de dirección duplicados activados por múltiples PGW pueden ser eliminados por el nodo objetivo (o la PGW original) para evitar que ocurra un bucle.

El proceso de detección y alterando duplicado dirección de nodo de red se puede explicar con referencia a la figura

5. La figura 5A muestra un primer ejemplo de dos redes ad hoc disjuntas que están dispuestas a fusionarse comunicándose a través de la nube. Las PGW en cada red intercambian mensajes de Neilfo entre ellos a través de la nube. En este caso, las PGW que transmiten los mensajes de Neilfo comparten direcciones duplicadas, esto se detecta al recibir los mensajes de Neilfo de las demás. Después de esto, se cambia la dirección de al menos uno de esos PGW para evitar la duplicación (ver figura 5B).

La figura 6A muestra otro ejemplo de dos redes ad hoc disjuntas que buscan fusionarse. Como antes, las PGW en cada red intercambian mensajes de Neilfo entre ellos a través de la nube. Como resultado, el nodo 2 en la red 1 ad hoc puede deducir que el nodo 4 en su red comparte la misma dirección que la PGW en la red 2 ad hoc. La PGW (nodo 2 en la red 1) emite un mensaje de dirección duplicada detectada (DAD) al nodo 4 en su propia red para cambiar su dirección. El nodo 4 en la red 1 ad hoc cambia su dirección (figura 6B). El nodo 4 en la red 2 ad hoc también puede cambiar su dirección dependiendo de la información recibida a través de Neilfo de la red 1 ad hoc.

La figura 7A muestra otro ejemplo de dos redes ad hoc disjuntas que buscan fusionarse. Una vez más, las PGW en cada red intercambian mensajes de Neilfo entre ellos a través de la nube. Como resultado, el nodo 2 en la red 1 ad hoc puede deducir que el nodo 5, que se encuentra a 2 saltos en su red respectiva, comparte la misma dirección que un nodo ubicado a 1 salto de la PGW (nodo 6) en la otra red 2 ad hoc. La PGW en la red 1 ad hoc (nodo 2) emite un mensaje de dirección duplicada detectada (DAD) al nodo 5 en su propia red para cambiar su dirección. El nodo 5 en la red 1 ad hoc a su vez cambia su dirección (figura 7B). El nodo 5 en la red 2 ad hoc también puede cambiar su dirección dependiendo de la información recibida a través de Neilfo de la red 1 ad hoc.

La figura 8 muestra un ejemplo en el que una única red 1 ad hoc tiene dos nodos (nodos 2 y 4) que son capaces de actuar como PGW con la nube. En este ejemplo, el contenido del mensaje de Neilfo que se envía desde cada PGW será el mismo, ya que refleja la topología de la misma red individual. A su vez, los dos PGW también recibirán mensajes idénticos de Neilfo desde la nube. En este caso, cada PGW puede deducir que la otra PGW que envió el mensaje de Neilfo está en la misma red ad hoc, porque la información contenida en el mensaje de Neilfo será idéntica a la información contenida en el mensaje Hello que el nodo recibe de los otros nodos en la red.

Es posible que una situación será el caso cuando dos redes ad hoc que buscan fusionar tienen las mismas direcciones exactas topología de red y nodos. Un ejemplo se muestra en la figura 9. Aquí, la red 1 ad hoc y la red 2 ad hoc tienen nodos 4 respectivos que actúan como PGW a la nube y que envían a Neilfo a través de la nube entre sí. Dado que la topología de la red es la misma en ambas redes ad hoc, la Neilfo que reciben los dos nodos PGW de la nube coincidirá con la información contenida en los mensajes Hello que reciben de los otros nodos en su propia red. De ello se deduce que los nodos 4 no podrán determinar si los mensajes de Neilfo que reciben de la nube se originan en otro nodo en la misma red ad hoc, o si se originan en un nodo en una red ad hoc diferente que tiene exactamente la misma topología de red que su propia red ad hoc. En tal escenario, no se tomarán medidas para detectar DAD o fusionar las dos redes a menos que ocurra un cambio en las direcciones de nodo o conectividad en una de las redes ad hoc.

Mientras que el escenario anterior puede plantear problemas en el tratamiento de direcciones de nodo duplicadas en las dos redes, se puede demostrar que las posibilidades de la existencia de dos redes que comparten la misma topología y direcciones son extremadamente pequeñas, en particular como el número de los nodos en las redes respectivas aumentan, de modo que este escenario puede ignorarse de manera segura para el propósito de la presente aplicación. La probabilidad de que haya dos redes disjuntas idénticas para unir se puede explorar con referencia a las figuras 10 y 11, como sigue.

En primer lugar, se observará que la articulación de la probabilidad $P(A, B)$ de dos eventos (A, B) que ocurren simultáneamente es el producto de las probabilidades de cada evento que ocurre por sí mismo, es decir, $P(A, B) = P(A) \times P(B)$.

La probabilidad de una red que tiene una topología particular y grupo de direcciones se puede calcular como:

$$P(N_1) = \left[\frac{\text{número de nodos}}{\text{direcciones posibles} \times (1/\text{número de posibles topologías de red})} \right], \text{ cuando se tiene en cuenta el orden de dirección}$$

cuando se toma en cuenta el orden de la dirección.

Si suponemos que hay 64 direcciones posibles, entonces podemos escribir:

$$P(N_1) = \left[\frac{n}{64} \right] \times (1/k)$$

donde n es el número de nodos y k es el número de topologías posibles. La figura 10 muestra cómo el número de diferentes topologías posibles se escala con el número de nodos en la red. Como se muestra en la figura 10, se puede ver que $k = 1, 4$ y 39 para redes que tienen 2 nodos, 3 nodos y 4 nodos, respectivamente.

La figura 11 muestra las probabilidades de que dos redes que tengan la misma topología se formen simultáneamente (columna central) o en secuencia, una después de la otra (columna de la derecha). Las probabilidades son muy bajas, lo que refleja la pequeña probabilidad de que dos redes idénticas requieran un puente

a través de la nube. Vale la pena señalar que las cifras calculadas en la figura 11 no tienen en cuenta qué nodo en las redes respectivas funciona como la PGW real; por lo tanto, la probabilidad de que dos nodos en redes ad hoc separadas envíen y reciban mensajes idénticos de Neilnfo a través de la nube se reduce en realidad más allá de lo que se muestra en la figura 11.

- 5 En la práctica, por lo tanto, cuando una PGW recibe mensajes Neilnfo que coinciden con la información contenida en los mensajes Hello, será seguro suponer que la PGW de la cual que Neilnfo origina es otro nodo de la misma red ad hoc, en vez que un nodo en una red ad hoc separada que tiene exactamente la misma topología de red.

La figura 12 muestra redes 61, 63 ad hoc particionadas, pertenecientes a una primera misión, 65 y redes 67, 69 ad hoc disjuntas, pertenecientes a una segunda misión 71. Como se muestra en la figura 6B, mediante el uso de los procedimientos descritos aquí, es posible unir las redes ad hoc que pertenecen a las misiones múltiples.

10 Con referencia de nuevo a la figura 3, una vez que duplicar direcciones se han resuelto, la entidad descubrimiento de topología es capaz de utilizar la información que recibe en la siguiente ronda de mensajes Neilnfo para calcular la topología de las redes (combinado) ad hoc. El módulo descubrimiento de topología solo empleará mensajes de Neilnfo cuyo campo "DA detectada" es cero en su cálculo de topología. En la práctica, por lo tanto, se envía al menos una ronda de mensajes de Neilnfo para que los nodos identifiquen y corrijan las direcciones duplicadas, y luego se envía una segunda ronda de mensajes de Neilnfo, en la que no hay direcciones duplicadas, al sistema externo para permitir que el módulo de descubrimiento de topología comience a construir un gráfico de red que refleje la topología de las redes respectivas.

20 Al construir el gráfico de red, el módulo descubrimiento de topología recibe la última ronda de mensajes de Neilnfo y establece que la información recibida de una o más PGW (por ejemplo, Mid1) está vinculada a una misión. El módulo descubrimiento de topología utiliza los mensajes de Neilnfo para calcular un gráfico de red $[V(G), E(G), \psi(G)]$, donde los valores comprenden un conjunto no vacío de vértices $V(G)$, un conjunto de $E(G)$ de aristas y una función de incidencia $\psi(G)$ que asocia una arista de G con un par de vértices de G :

$$G = (V(G), E(G), \psi_G)$$

25 $V(G) = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$

$$E(G) = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_r\}$$

$\psi_G(x_1) = v_1 v_2$ es decir, x_1 conecta v_1 y v_2 $\psi_G(x_2) = v_2 v_3$, y así sucesivamente.

El módulo de descubrimiento de topología a su vez pasa esta información a la función de detección de partición/fusión, con cada mensaje Neilnfo se almacena para su uso posterior.

30 La partición/fusión de función de detección utiliza un algoritmo para detectar cualquier partición en la red utilizando el gráfico de la red y almacena las particiones identificados como listas $\{V_i(H), E_i(H), \psi_i(H)\}$. Un gráfico H es un triple ordenado $(V(H), E(H), \psi_H)$ donde:

$$H = (V(H), E(H), \psi_H)$$

$$V(H) = \{v_a, v_b, v_c, \dots, v_m\}$$

35 $E(H) = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}$

$\psi_G(y_1) = v_a v_b$ es decir, y_1 conecta v_a y v_b $\psi_G(y_2) = v_c v_d$, y así sucesivamente.

Cada vez que el algoritmo intenta añadir un nuevo vértice a la lista $V(H)$, se hace una comprobación en cuanto a si el nodo (vértice) ya está en la lista $V(H)$ o no. Cada vez que se recibe una nueva ronda de mensajes de Neilnfo en la nube, el estado actual del gráfico de red $\{V(G), E(G), \psi(G)\}$ se actualiza y examina para ver si hay listas separadas $\{V_i(H), E_i(H), \psi_i(H)\}$ existen, donde cada una de estas listas separadas representa una partición, es decir, un grupo de nodos capaces de comunicarse entre sí, pero aislados de los otros nodos en la lista original G . Como ejemplo, en el caso de que los mensajes de Neilnfo se deriven de 2 redes ad hoc separadas y disjuntas, esto resultará en 2 particiones separadas $\{V_1(H), E_1(H), \psi_1(H)\}$ y $\{V_2(H), E_2(H), \psi_2(H)\}$ en el gráfico de red. El módulo descubrimiento de topología envía la lista actual $\{V(G), E(G), \psi(G)\}$ a la función de detección de partición/fusión en intervalos de tiempo específicos, que pueden ser constantes, por ejemplo.

40 Un conjunto no vacío de $\{V(H), E(H), \psi_H\}$ significa que el grupo H es una partición de G . Cada vez que la función de Detección de Partición/Fusión realiza un cálculo, compara los resultados con el estado registrado anteriormente para retener los estados entre los cálculos de topología. Como la topología de la red puede cambiar en cualquier momento, la función de detección de partición/fusión debe descubrir si los nodos de la red en una partición todavía están conectados entre sí como una única unidad de red ad hoc o no. Si hay un cambio en cualquier red particionada en términos de desaparición y desconectividad de los nodos, entonces el nuevo cómputo de Detección de Partición/Fusión se hace cargo de esa ID de Misión específica (Mid).

El proceso anterior se puede implementar usando el algoritmo mostrado en la figura 13.

Una vez que se detectan las particiones, el módulo de selección y puente GW elige una puerta de enlace seleccionada (SGW) del conjunto de PGW para cada partición respectiva para transmitir mensajes de datos. Después de esto, los mensajes almacenados de Neilnfo se asocian con los gráficos de partición Vi(H) para mantener un registro de qué PGW pertenece a qué partición.

Una elección informada de la SGW puede reducir el número de saltos (y un mejor uso de las franjas horarias) para retransmitir mensajes de voz/datos. Aquí, el módulo de selección y puenteo de la GW analiza la Neilnfo recibida para cada partición. Se podría elegir la PGW con la mejor conectividad de 1 y 2 saltos.

El proceso de elegir una SGW se puede entender con referencia a la figura 14, que muestra una red ad hoc que comprende nodos de A-H. La red incluye 4 nodos (nodos A, D, E y F) que son capaces de enviar/recibir datos hacia y desde la nube. En la figura 14 también se muestran matrices que resaltan la conectividad de cada nodo en la red. En la matriz de conectividad de 1 salto, un valor de 1 indica que los nodos en la columna/fila respectiva de ese elemento de matriz están dentro de 1 salto entre sí en la red. De manera similar, en la matriz de conectividad de 2 saltos, un valor de 1 indica que los nodos en la columna/fila respectiva de ese elemento de la matriz están dentro de 2 saltos entre sí en la red. En el presente ejemplo, se puede ver que los nodos D y F tienen la mayor conectividad cuando se considera el número de nodos que se encuentran a 1 salto de distancia. Mientras tanto, los nodos A, D y E tienen la mayor conectividad cuando se centran en la cantidad de nodos que se encuentran a 2 saltos de distancia. Por lo tanto, se puede ver que el nodo D ofrece la conectividad general más alta y debe seleccionarse como SGW para la red ad hoc en cuestión.

La aplicación Pub/sub es activada a continuación por las SGW para la entrega de mensajes de voz/datos entre las redes ad hoc respectivas. Cualquier SGW que ya se haya elegido puede permanecer activa mientras permanezca como un nodo en la nueva partición descubierta. De lo contrario, será necesario calcular una nueva SGW. Las aplicaciones Pub/sub en la nube transmiten mensajes de voz/datos entre SGW que tienen la misma ID de misión (Mid). Cada SGW participa en la función Pub/Sub para transmitir datos entre redes ad hoc puenteadas.

Si no hay una partición, ya sea la red original está funcionando o dos o más redes ad hoc ya se han fusionado. Si se detecta una fusión (usando el mismo algoritmo de Particionamiento/Fusión), las SGW de las redes ad hoc fusionadas son deseleccionadas por la selección & puenteo GW. Si se detecta la fusión, los estados de topología y Neilnfo se eliminarán por las entidades funcionales de control de red relevantes.

La figura 15 muestra un ejemplo de manejo de mensajes de voz/datos cuando dos redes ad hoc se fusionan entre sí. La figura 15A muestra las dos redes, que están particionadas en el tiempo t1. La figura 15B muestra las dos redes en un tiempo t2 posterior, cuando se han fusionado. En este momento, los nodos SGW 2 y 5 siguen funcionando. Por lo tanto, mientras el nodo 5 transmite un mensaje de voz/datos (7, a) desde el nodo 7 al nodo 2 directamente, el nodo 5 también transmite el mismo mensaje a través de la nube. El nodo 2 a su vez recibe ambas copias del mensaje, pero descarta el recibido a través de la nube.

La figura 15C muestra nuevamente las dos redes en un punto aún más posterior en el tiempo t3, después de la aparición repentina de otro nodo (nodo 3), que a su vez transmite un mensaje (3, a). El mensaje se transmite a través de los nodos 7, 5 y 2 al nodo 3 en el otro lado de la red. Como en la figura 15B, el nodo 5 transmite el mensaje al nodo 2 tanto directamente como a través de la nube, y el mensaje que se transmite a través de la nube es descartado por el nodo 2. Al recibir el mensaje (3, a), el nodo original 3 emite un mensaje DAD.

La figura 15D muestra un ejemplo en el que una tercera red, que comprende los nodos 8, 9 y 10, está unida con las dos redes fusionadas a través de la nube. En este ejemplo, el nodo 10 transmite un mensaje de voz/datos (10, a) a través de la nube, y tanto el nodo 2 como el 5 pueden recibir el mensaje desde la nube. Después de recibir el mensaje (10, a), el nodo 5 accede a la ranura y transmite el mensaje (10, a). El nodo 2, por lo tanto, recibe una copia del mensaje tanto del nodo 5 como de la nube. Habiendo recibido la copia del mensaje que se envió desde el nodo 5 primero, el nodo 2 a su vez descarta la copia del mensaje que recibe de la nube.

La figura 15E muestra el funcionamiento normal de la red fusionada una vez que los nodos 2 y 5 se han deseleccionado como SGWS.

Las figuras 16 y 17 proporcionan ejemplos, respectivamente, de un dispositivo de comunicación inalámbrica y el dispositivo de servidor basado en la nube que juntos proporcionan medios capaces de poner una realización, como se describe en el presente documento, en vigor. Con referencia primero a la figura 16, el dispositivo 1600 de comunicación inalámbrica, que se puede entender que comprende un nodo en una red inalámbrica ad hoc, comprende un procesador 1601 acoplado a una unidad 1603 de almacenamiento masivo y que accede a una memoria 1605 de trabajo. Como se ilustra, un controlador 1607 de comunicaciones se representa como un producto de software almacenado en la memoria 1605 de trabajo. Sin embargo, se apreciará que los elementos del controlador 1607 de comunicaciones pueden, por conveniencia, almacenarse en la unidad 1603 de almacenamiento masivo.

Se aplican los procedimientos habituales para la carga de software en la memoria y el almacenamiento de datos en

la unidad 1603 de almacenamiento masivo. El procesador 1601 también accede, a través del bus 1609, a una unidad 1611 de comunicaciones que opera para efectuar comunicaciones con otros nodos en la red ad hoc, así como para facilitar la comunicación con el dispositivo de servidor basado en la nube de la figura 17, que se analiza a continuación. Típicamente, la unidad 1611 de comunicaciones comprenderá una o más antenas para actuar como transmisor y receptor para establecer un enlace de comunicaciones con estas otras entidades de red, así como conectividad a la nube, por ejemplo.

El controlador 1607 de comunicaciones incluye una instalación de módulo 1613 de interfaz de descubrimiento de topología que es operable para establecer una interfaz con un módulo de instalación de detección de la topología alojado en el servidor basado en la nube, y para ensamblar los mensajes de información de vecindad para enviar al módulo de descubrimiento de la topología mediante la implementación pasos descritos anteriormente en relación con las diversas realizaciones. En algunas realizaciones, el módulo 1613 de interfaz puede comprender un módulo de interfaz de control Pub/Sub por el cual se intercambian datos y/o mensajes entre el dispositivo 1600 de comunicación y la instalación de descubrimiento de topología del servidor basado en la nube usando un protocolo de publicación-suscripción.

El controlador 1607 de comunicaciones incluye también un módulo 1615 de funciones de pasarela que es accionable para cerrar la comunicación entre el dispositivo 1600 de comunicación y otros dispositivos de comunicación similares en la red(es) disjunta. En el caso de que el dispositivo 1600 de comunicación se seleccione como un nodo de puerta de enlace, el módulo de funciones de la puerta de enlace puede funcionar para recopilar mensajes recibidos de otros dispositivos en la misma red ad hoc que la comunicación 1600 para la transmisión a la otra red(es) ad hoc a través de la red externa.

De una manera similar a la figura 16, la figura 17 muestra un ejemplo de una estructura de hardware para un dispositivo servidor basado en la nube capaz de realizaciones que ponen, como se describe en el presente documento, en vigor. Como se ilustra, el servidor 1700 comprende un procesador 1701 acoplado a una unidad 1703 de almacenamiento masivo y que accede a una memoria 1705 de trabajo. El procesador 1701 también accede, a través del bus 1705, a una unidad 1707 de comunicaciones que opera para efectuar comunicaciones con otros nodos en diferentes redes ad hoc y a redes externas (por ejemplo, 3G/WiFi); la unidad 1707 de comunicaciones es operable para recibir y retransmitir mensajes de información de vecindad transmitidos por nodos en las respectivas redes ad hoc.

El software 1709 de control de red se almacena en la memoria 1705 de trabajo (como antes, se apreciará que los elementos del software de control de red pueden, por conveniencia, almacenarse en la unidad 1703 de almacenamiento masivo). El software 1709 de control de red incluye un módulo 1711 de descubrimiento de topología, un módulo 1713 de detección de partición/fusión y un módulo 1715 de selección de pasarela y puente. El módulo de descubrimiento de topología está configurado para calcular topologías de redes ad hoc en función de los mensajes de información de vecindad recibidos de los nodos en esas redes (como el dispositivo 1600 de comunicación de la figura 16). Como se discutió anteriormente, el dispositivo 1600 de comunicación puede comunicarse con el módulo de descubrimiento de topología a través de una interfaz pub/sub. El módulo de detección de partición/fusión se configura a su vez para determinar la presencia de particiones dentro de redes/fusiones ad hoc individuales entre diferentes redes ad hoc mediante la detección de cambios en las topologías de redes calculadas por el módulo 1715 de descubrimiento de topología. El módulo de selección y puente de puerta de enlace a su vez está configurado para seleccionar nodos en las respectivas redes ad hoc para usar como puertas de enlace para puentear la comunicación entre esas redes ad hoc y para definir una ruta de comunicación a través de la red externa por medio de la cual la puerta de enlace seleccionada las redes de nodos pueden intercambiar datos entre sí.

El software 1607 controlador de comunicaciones de la figura 16 y el software de control de red de la figura 17 pueden integrarse en el equipo original, o pueden proporcionarse, en su totalidad o en parte, después de la fabricación. Por ejemplo, el software 1607 controlador de comunicaciones y el software 1709 de control de red se pueden introducir como productos de programas informáticos respectivos, que pueden ser en forma de descarga o mediante un medio de almacenamiento de programas informáticos, como un disco óptico. Alternativamente, se pueden hacer modificaciones a los dispositivos existentes mediante actualizaciones o complementos para proporcionar características de las realizaciones descritas anteriormente.

También se entenderá que, mientras que el módulo 1711 de interfaz de instalación de descubrimiento de topología, módulo 1713 de detección de partición/fusión y el módulo 1715 de selección de puerta de enlace y de puente están cada muestra en la figura 17 como siendo alojados en un único dispositivo 1700, estos mismos módulos pueden distribuirse dentro del entorno de la nube, es decir, cada módulo puede estar alojado en un servidor respectivo diferente, donde los distintos servidores están interconectados entre sí a través de la red externa.

Una lista no exhaustiva de las entidades funcionales y sus interacciones y servicios de valor añadido proporcionados por la infraestructura de nube y por las puertas de enlace de red ad hoc muestran en la figura 3 incluye lo siguiente:

- Selección de portador para la comunicación de red ad hoc con la nube
- Intercambio de información topológica entre puertas de enlace de redes ad hoc que pertenecen a un grupo a través de la nube

- Detección de direcciones duplicadas (DAD) y resolución a través de redes ad hoc particionadas/disjuntas por las puertas de enlace para permitir la operación de puente adecuada
- Descubriendo la topología de redes ad hoc
- 5 - Detección de particiones de red ad hoc por la nube; la partición de red ad hoc se detecta al pasar la información del vecindario (recopilada a través de mensajes Hello) a la nube.
- Selección de nodos designados que actúan como puertas de enlace de redes ad hoc a la red externa y posteriormente a la nube para transmitir mensajes de voz/datos.
- Suscripción y publicación de señales/mensajes de control/datos mediante la nube
- 10 - Multiplexar múltiples redes ad hoc que pertenecen a un grupo/misión
- Manejo de mensajes de voz/datos cuando se fusionan redes ad hoc
- Mecanismo de control de acceso para proporcionar acceso seguro para el control y la comunicación de datos.

De acuerdo con formas de realización descritas en el presente documento, la operación normal de las redes ad hoc es inalterada, pero su accesibilidad se extiende de una manera que es transparente para los usuarios. Las realizaciones descritas en el presente documento proporcionan medios mejorados para gestionar la conectividad entre esas redes al proponer una infraestructura en la nube con funciones y servicios alojados en la nube. El principio de los servicios/funciones alojados en la nube se puede utilizar en otros escenarios, como la restricción de conectividad y las redes tolerantes al retraso.

Las ventajas de las realizaciones descritas en el presente documento incluyen:

- a) Ampliar la accesibilidad y el rango de nodos ad hoc automáticamente
- 20 b) Puentear redes ad hoc particionadas/disjuntas
- c) Crear un entorno mejor y más seguro para los nodos/redes aislados que pertenecen a una misión para comunicarse con otros
- d) La infraestructura y las funciones alojadas en la nube también se pueden utilizar para proporcionar un servicio de enlace a múltiples operaciones independientes
- 25 e) Cualquier red externa disponible (3G/WiFi, etc.) se puede utilizar para la conexión de red a la nube.
- f) Adecuadas para aquellas redes que se implementan rápidamente para operar en áreas urbanas muy densas.

Aunque se han descrito algunas realizaciones, estas realizaciones se han presentado solo a modo de ejemplo, y no pretenden limitar el alcance de esta divulgación.

30

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de establecimiento de comunicación entre un primer nodo (5) en una primera red (1) inalámbrica y nodos (7, 9) de otra red (2, 3) inalámbrica, comprendiendo el procedimiento:

5 proporcionar, en el primer nodo (5), una interfaz para interactuar con una instalación de red externa, comprendiendo la instalación de red externa un módulo de descubrimiento de topología;
 enviar un mensaje de información de vecindad desde el primer nodo (5) al módulo de descubrimiento de topología, en el que el mensaje de información de vecindad proporciona una indicación de nodos en la primera red (1) inalámbrica con la que el primer nodo (5) puede comunicarse actualmente, el módulo de descubrimiento de topología está configurado para calcular la topología de las redes a las que pertenecen los nodos respectivos
 10 de esos nodos;
 recibir en el primer nodo (5), la información enviada desde la instalación de red externa para establecer una vía de comunicación entre el primer nodo (5) y los nodos de una segunda red inalámbrica, identificándose la segunda red (2, 3) inalámbrica mediante el módulo de descubrimiento de topología siendo una red inalámbrica diferente de la primera red inalámbrica debido a que tiene una topología de red diferente de la primera red (1) inalámbrica.

2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de enviar un mensaje de información de vecindad desde el primer nodo (5) a la instalación de red externa se repite a intervalos predeterminados.

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que durante cada intervalo, el primer nodo (5) recibe uno o más segundos mensajes de información de vecindad de otros nodos (7, 9) que tienen interfaces respectivas para interactuar con la instalación de red externa, cada segundo mensaje de información de vecindad proporcionar una indicación de otros nodos con los que el nodo (7, 9) que emite el segundo mensaje de información de vecindad respectivo puede comunicarse actualmente;

25 en el que, al recibir un segundo mensaje de vecindad respectivo, el primer nodo (5) determina si el segundo mensaje de vecindad incluye referencia a un nodo que tiene una dirección en conflicto, en el que una dirección en conflicto es aquella que coincide con una dirección de un nodo en la primera red (1) pero que pertenece a un nodo en una red (2, 3) diferente de la primera red (1);
 en el que, al determinar que un nodo con una dirección en conflicto está presente en uno de los segundos mensajes de vecindad, el primer nodo (5) envía una solicitud a la instalación de red externa para que el nodo que tiene la dirección en conflicto cambie su dirección; y opcionalmente en el que:
 30 el primer nodo (5) continúa enviando mensajes de información de vecindad a la instalación de red externa notificando a la instalación de red externa la presencia de un nodo con una dirección en conflicto hasta el momento en que el primer nodo (5) recibe la confirmación de la instalación de red externa que el nodo que tiene la dirección en conflicto ahora ha cambiado su dirección.

35 4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el primer nodo (5) solo recibe la información para establecer la ruta de comunicación una vez que cualquiera de los nodos identificados que tienen una dirección en conflicto ha cambiado su dirección.

5. Un procedimiento para facilitar la comunicación entre nodos (5, 7, 9) que pertenecen a diferentes redes (1, 2, 3) inalámbricas realizado por una instalación de red externa que comprende un módulo de descubrimiento de topología, el procedimiento comprende:

- i) recibir mensajes de información de vecindario enviados desde los respectivos nodos (5, 7, 9) de red a la instalación de red externa, en el que cada mensaje de información de vecindario recibido proporciona una indicación de otros nodos con los que el nodo (5, 7, 9) que envió el el mensaje se puede comunicar actualmente;
- 45 ii) para cada nodo (5, 7, 9) desde el que se recibe un mensaje de vecindad, utilizando los mensajes de vecindad recibidos para calcular la topología de una red (1, 2, 3) a la que pertenece ese nodo;
- iii) determinar, en base a las topologías de red calculadas, si los respectivos nodos (5, 7, 9) pertenecen a redes diferentes entre sí, en el que el módulo de descubrimiento de topología identifica una segunda red (2,3) inalámbrica como ser diferente de una primera red (1) inalámbrica en virtud de tener una topología de red diferente de la primera red inalámbrica (1); en el que en el caso de que se determine que los respectivos nodos
 50 (5, 7, 9) pertenecen a diferentes redes, el procedimiento comprende además:
- iv) identificar dentro de cada una de las diferentes redes (1, 2, 3) un nodo (5, 7, 9) para servir como nodo de puerta de enlace para unir la comunicación entre las diferentes redes (1, 2, 3); y
- v) proporcionar a uno de los nodos (5, 7, 9) información para configurar una vía de comunicación a través del nodo de puerta de enlace, con nodos de una red diferente.

55 6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende repetir las etapas i) a iii) a intervalos predeterminados.

7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que, en cada intervalo, las topologías calculadas se almacenan en la memoria y se comparan con las topologías calculadas almacenadas en la memoria del intervalo

anterior.

8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que, en cada intervalo, el mensaje de información de vecindad que se recibe de cada nodo (5, 7, 9) respectivo se reenvía a los otros nodos desde los cuales también se han recibido mensajes de información de vecindad.
- 5 9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que en respuesta al reenvío de los mensajes de información de vecindad a los respectivos nodos (5, 7, 9), se determina si se ha recibido o no una solicitud para un nodo identificado en uno de los primeros de vecindad mensajes de información para cambiar su dirección; en el que en el caso de que se haya recibido una solicitud, la solicitud se reenvía al nodo (5, 7, 9) que transmitió el primer mensaje de información de vecindad.
- 10 10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que en el caso de que se haya recibido una solicitud para un nodo identificado en un primer mensaje de información de vecindad para cambiar su dirección, las etapas iv) y v) se aplazan hasta el siguiente intervalo en el que no se recibe dicha solicitud.
- 15 11. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que cada mensaje de información de vecindad incluye una lista de los vecinos más cercanos del nodo (5, 7, 9) que envía el mensaje; y opcionalmente en el que: cada mensaje de información de vecindad incluye una lista de nodos ubicados a dos o más saltos del nodo (5, 7, 9) que envían el mensaje de información de vecindad.
- 20 12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que cada mensaje de información de vecindad especifica una lista de todos los nodos con los que el nodo (5, 7, 9) que envía el mensaje puede comunicarse en su red y el número de saltos entre ese nodo (5, 7, 9) y esos otros nodos.
13. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la red externa utiliza una red externa común para la conectividad de red y una funcionalidad basada en la nube para el descubrimiento de topología y la detección de particiones de red.
- 25 14. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
15. Un dispositivo (1600) de comunicación operable para actuar como un nodo (5) en una primera red (1) inalámbrica, comprendiendo el dispositivo (1600) de comunicación:
un módulo (1613) de interfaz de instalación de descubrimiento de topología operable para:
- 30 establecer una interfaz para interactuar con una instalación de red externa, la instalación de red externa que comprende un módulo de descubrimiento de topología,
enviar un mensaje de información de vecindad al módulo de descubrimiento de topología, en el que el mensaje de información de vecindad proporciona una indicación de los otros nodos en la primera red con la que el dispositivo de comunicación (1600) puede comunicarse actualmente, el módulo de descubrimiento de topología
- 35 está configurado para calcular el topología de redes a las que pertenecen los nodos respectivos en función de los mensajes de información de vecindad recibidos por el módulo de descubrimiento de topología de esos nodos;
recibir información enviada desde la instalación de red externa para configurar una ruta de comunicación entre el primer dispositivo de comunicación y un segundo dispositivo de comunicación operable para actuar como un nodo de una segunda red (2, 3) inalámbrica, identificándose el segundo dispositivo de comunicación por la topología módulo de descubrimiento como perteneciente a la segunda red inalámbrica, la segunda red
- 40 inalámbrica (2, 3) identificada por el módulo de descubrimiento de topología como una red inalámbrica diferente de la primera red inalámbrica debido a que tiene una topología de red diferente de la primera red (1) inalámbrica.

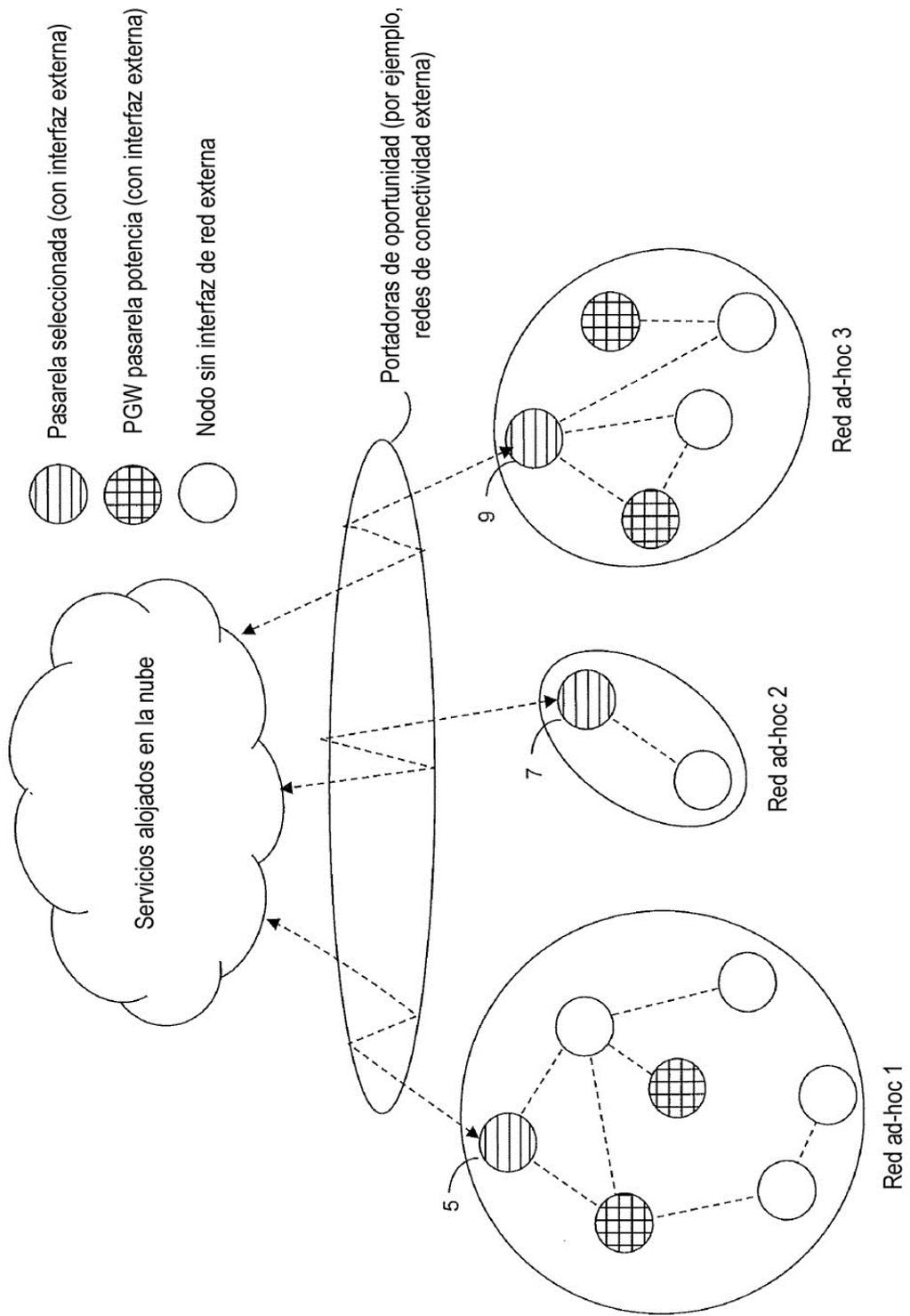


Fig. 1

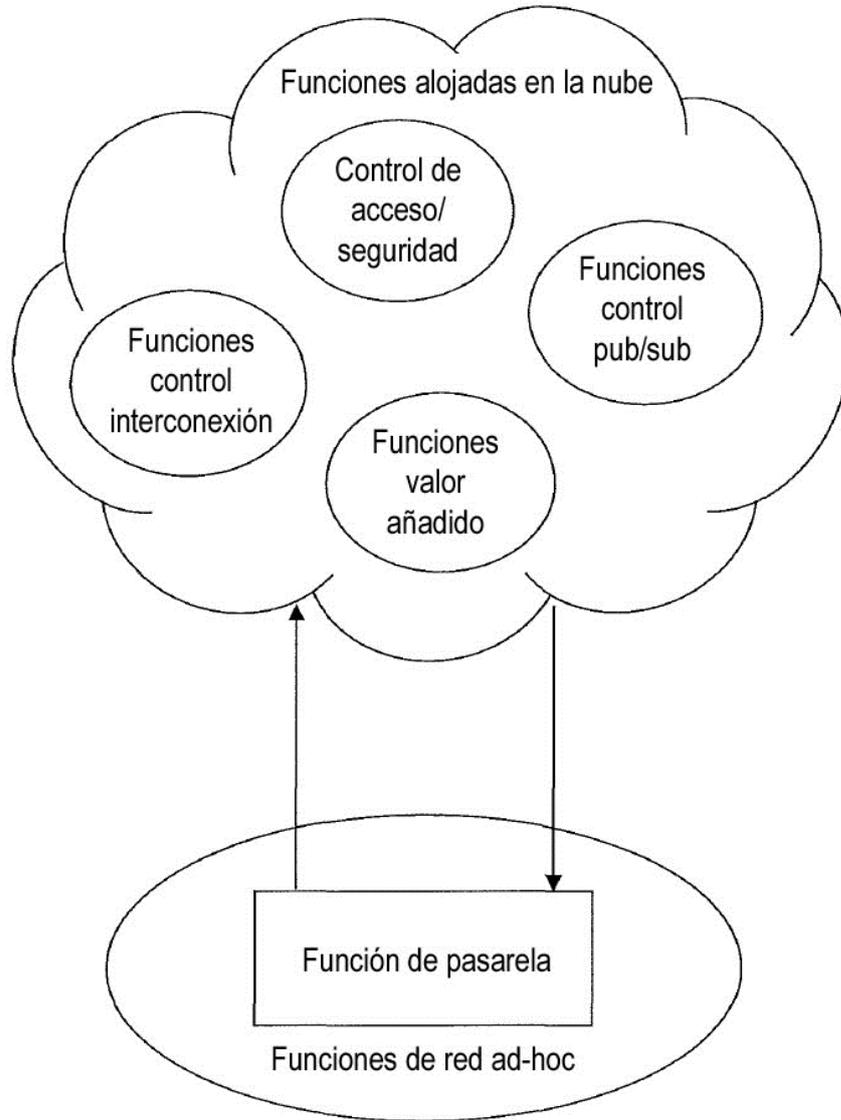


Fig. 2

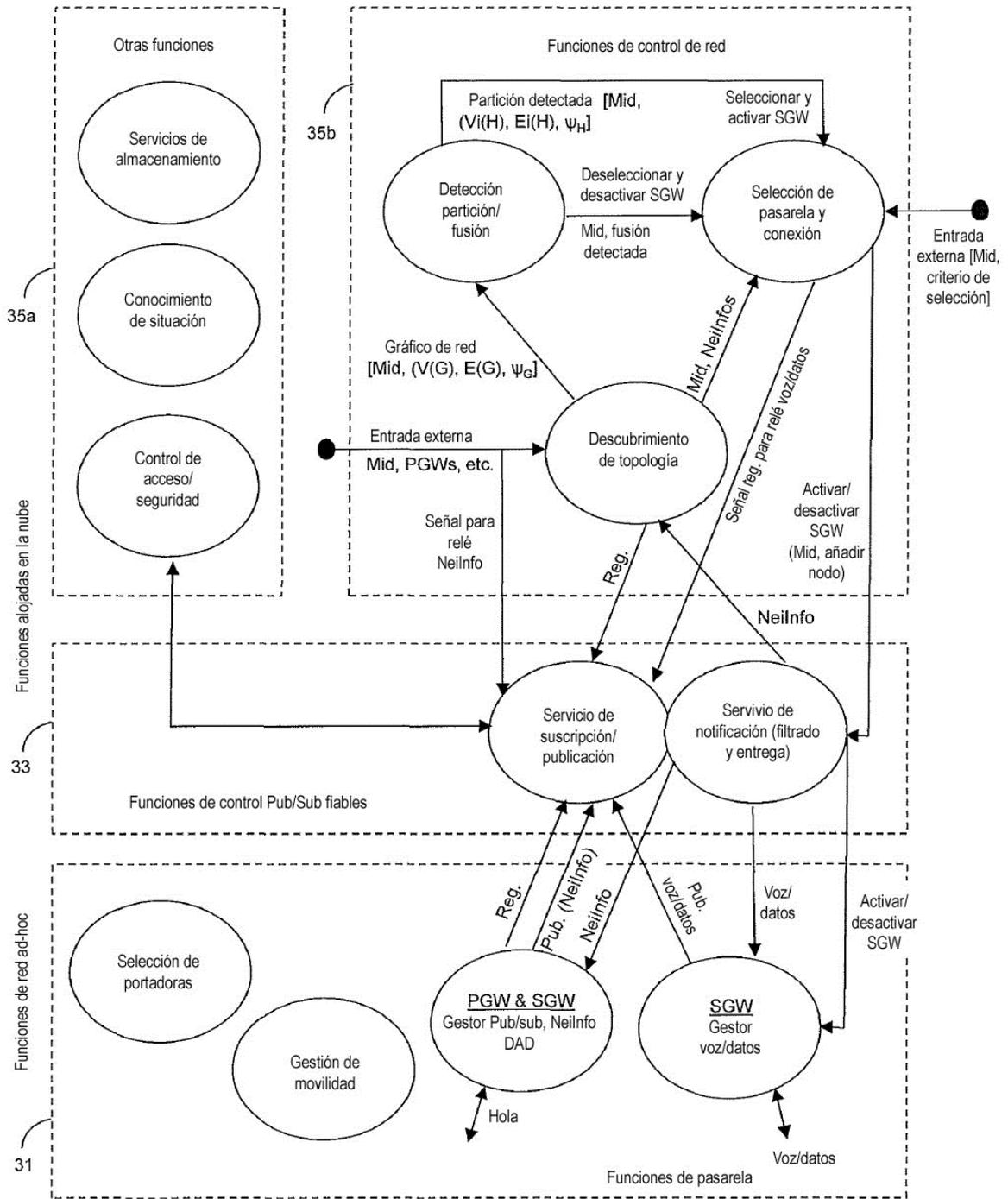
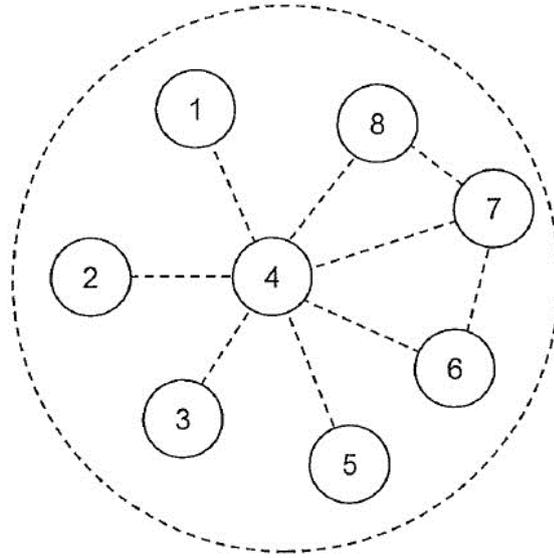
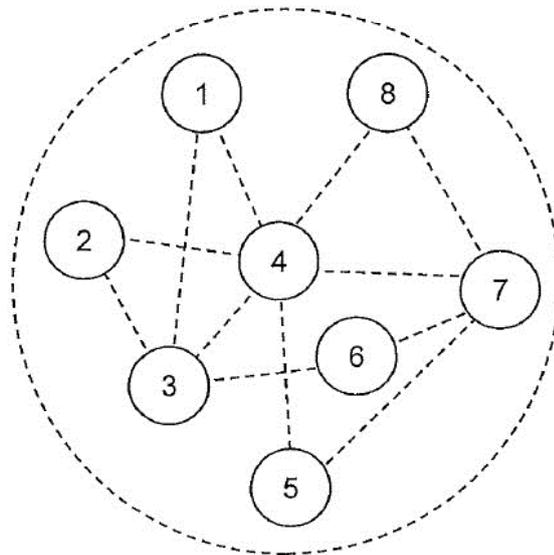


Fig. 3



Red ad-hoc 1



Red ad-hoc 2

Fig. 4

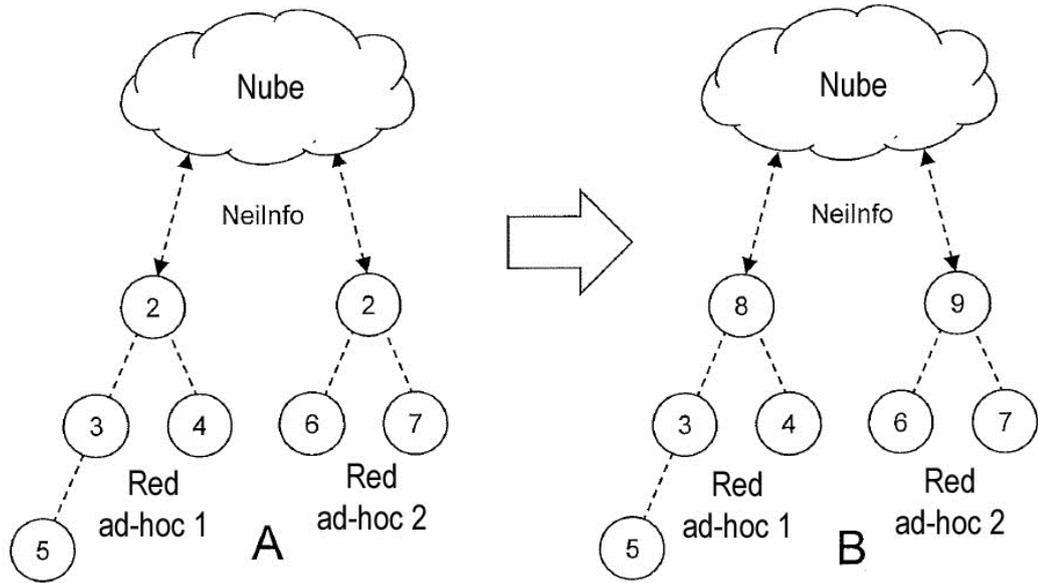


Fig. 5

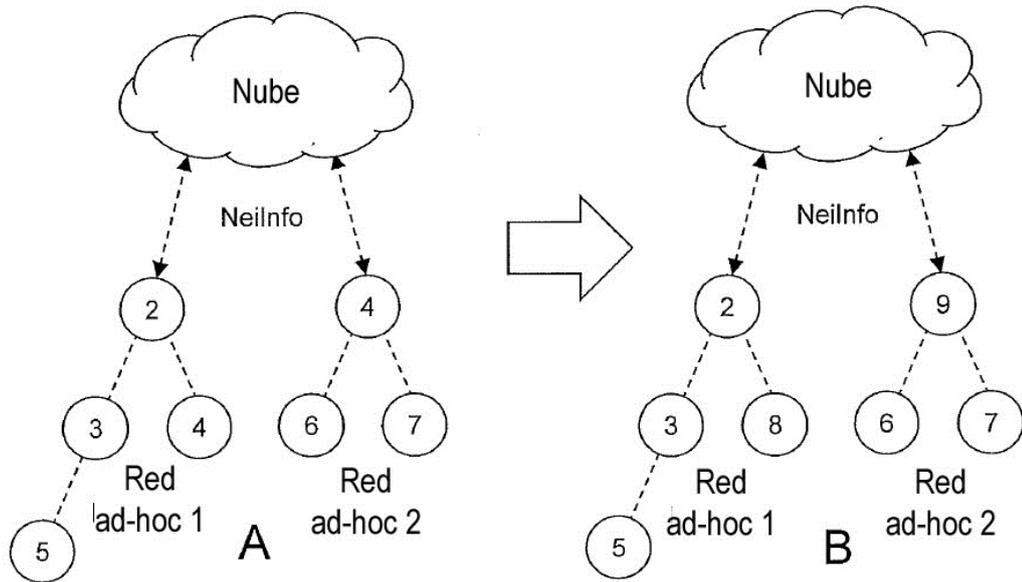


Fig. 6

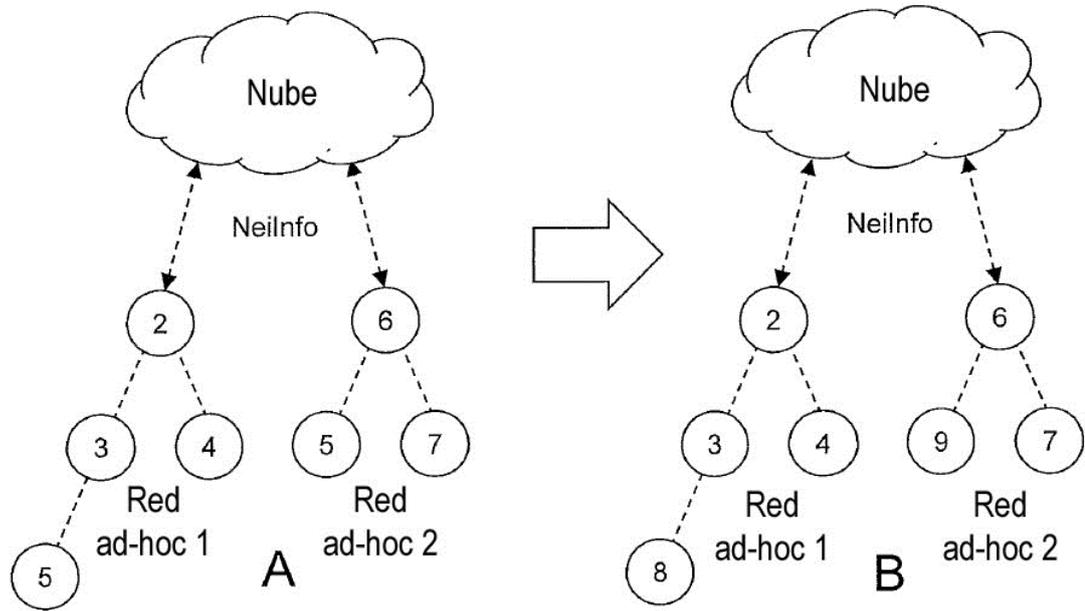


Fig. 7

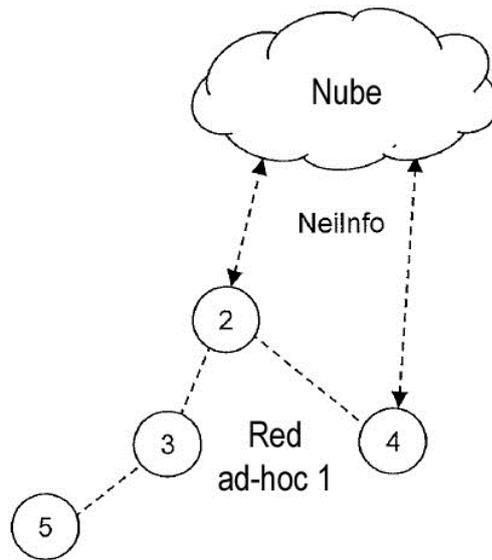


Fig. 8

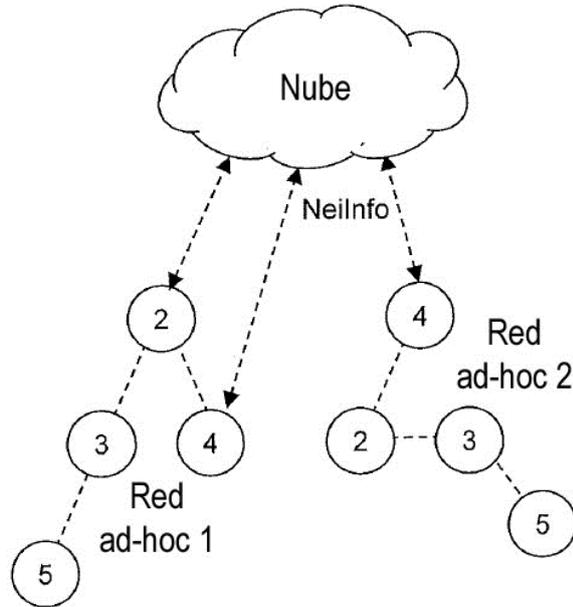


Figura 9

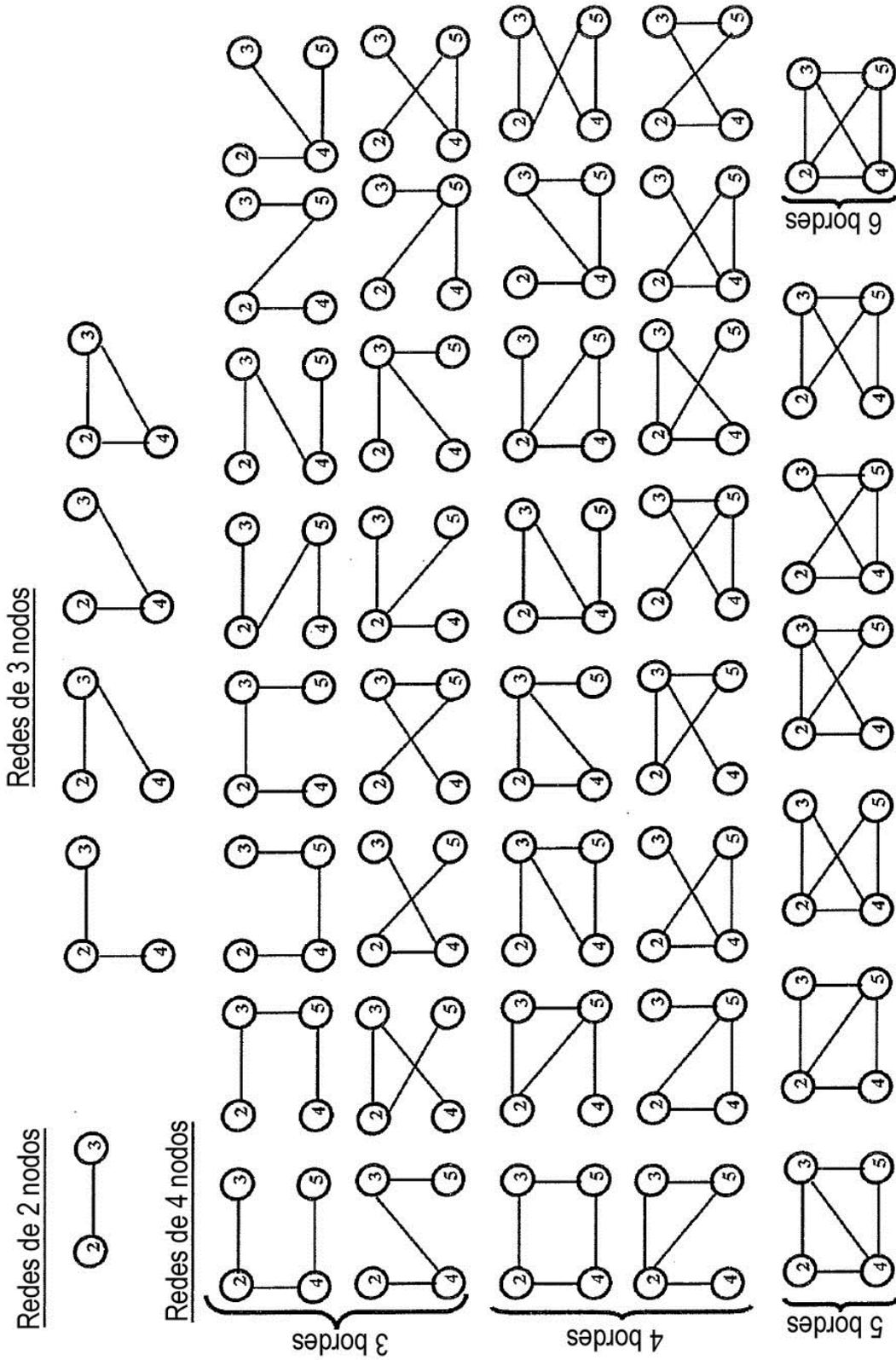


Figura 10

Probabilidad¹	Ambas redes formas simultáneamente $P(N_1, N_2) = P(N_1) * P(N_2)$ donde $P(N_1) = P(N_2)$	Una red formada antes de la otra $P(N_1, N_2) = P(N_1)$
Topología		
Redes de 2 nodos	$2^{-10} \approx 0,99 * 10^{-3}$	$3,1 * 10^{-2}$
Redes de 3 nodos	$9 * 2^{-16} \approx 0,14 * 10^{-3}$	$1,2 * 10^{-2}$
Redes de 4 nodos	$0,4 * 2^{-22} \approx 2,5 * 10^{-6}$	$0,16 * 10^{-2}$

Figura 11

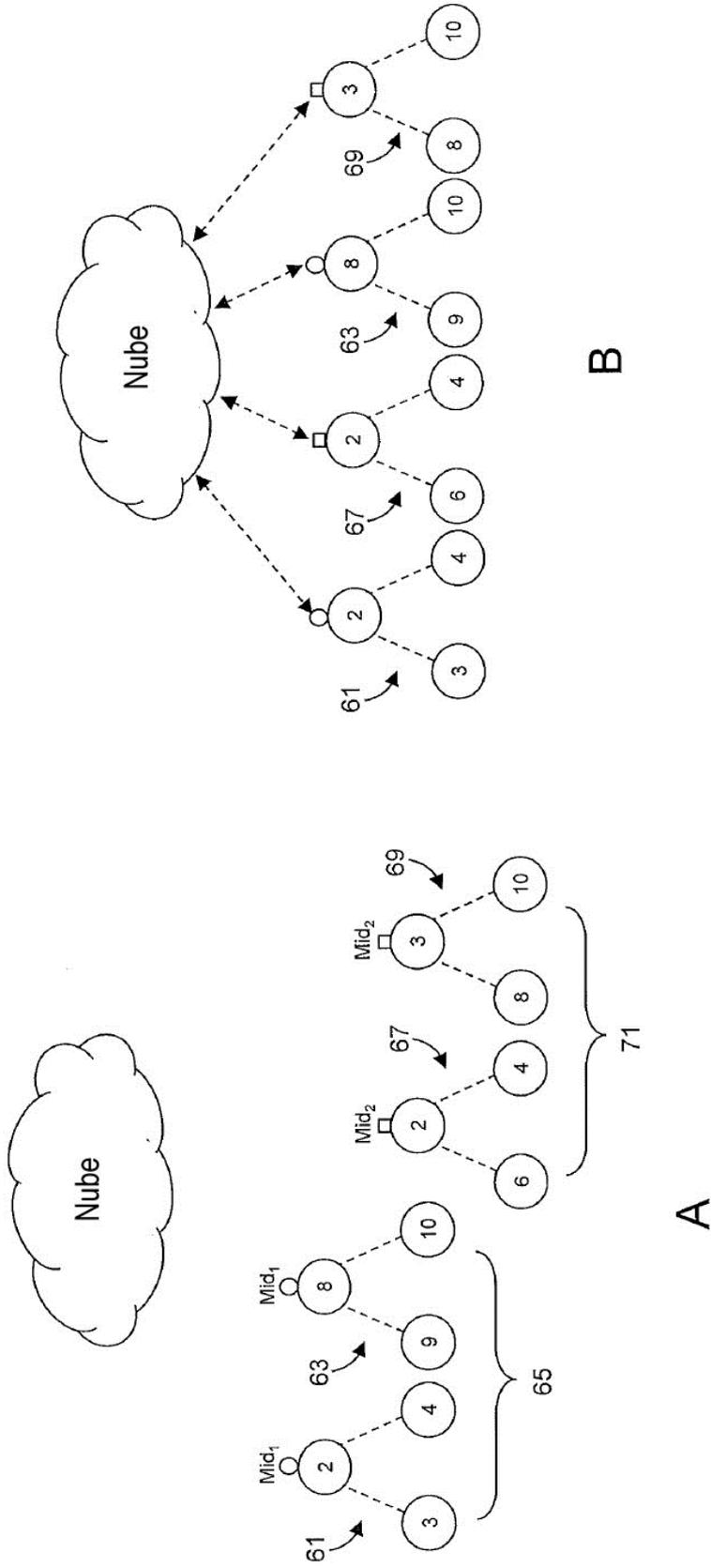
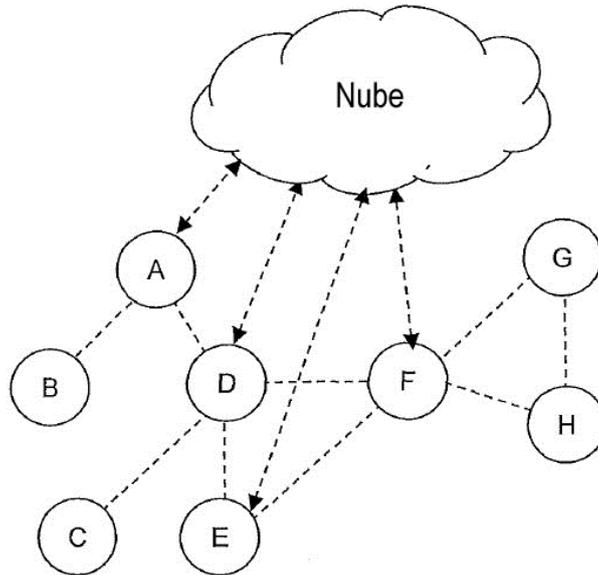


Fig. 12

Algoritmo:

1. Usar $(V(G), E(G), \psi_G)$ para un *Mid* recibido desde "Descubrimiento de topología"; Reiniciar la PA (Partición detectada).
2. Borrar triple $H (V(H), E(H), \psi_H)$ para hacerlas como conjuntos vacíos
3. Tomar un nodo (v_i) de $V(G)$ y añadir a $V(H)$
4. Borrar v_i de $V(G)$
5. Si hay nodos en $V(G)$,
6. Entonces:
7. Tomar otro nodo (v_j) de $V(G)$ y:
Si $\psi_G(b_i) = v_i v_j$ se mantiene (es decir, v_j conectado a cualquier otro nodo en $V(H)$)
8. Entonces:
9. i. Borrar v_j de $V(G)$;añadir v_j a $V(H)$; Actualizar $(E(H), \psi_H)$
10. ii. Repetir desde la etapa 5 para todos los nodos en $V(G)$ para comprobar contra los nodos en $V(H)$ para encontrar posibles bordes (conexiones);
Si se comprueban todos los nodos,
Entonces no hay ninguna partición; comprobar etapa 16.
11. Si no, continuar a la etapa 14
12. Si no:
13. Repetir la etapa 5 solamente en aquellos nodos en $V(G)$ que aún no se han comprobado contra los nodos en $V(H)$;
14. Si todos los nodos se han comprobado,
Entonces comprobar la etapa 17.
15. Si no
16. Comprobar la etapa 21.
17. Si hay nodos en $V(G)$,
18. Entonces
19. i. Los nodos en $V(G)$ no están conectados a ningún nodo en $V(H)$; H es una partición de G original con nodos conectados; Establecer la PA; Guardar y comparar $(V(H), E(H), \psi_H)$ con su estado previo. Señal [*Mid*, PGWs, $(V(H), E(H), \psi_H)$] a entidad "Selección y conexión GW" si hay un cambio de estado.
20. ii. $V(G)$ no está vacío; Repetir el procedimiento desde la etapa 2 para encontrar particiones adicionales.
21. Si no
22. Si $PA=1$, Entonces no hay ninguna partición adicional para este *Mid*
23. Si no, no hay ninguna partición o una fusión detectada (MD);
Establecer MD; Señal (*Mid*, MD) a "Selección GW y conexión".
24. Final del procedimiento.

Figura 13



Matriz de conectividad de 1 salto

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	1	0	1	0	0	0	0
B	1	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	0	0	0
D	1	0	1	0	1	1	0	0
E	0	0	0	1	0	1	0	0
F	0	0	0	1	1	0	1	1
G	0	0	0	0	0	1	0	1
H	0	0	0	0	0	1	1	0

{D, F}

Matriz de conectividad de 2 saltos

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0	1	0	1	1	0	0
B	0	0	0	1	0	0	0	0
C	1	0	0	0	0	1	0	0
D	0	1	0	0	0	0	1	1
E	1	0	0	0	0	0	1	1
F	1	0	1	0	0	0	0	0
G	0	0	0	1	1	0	0	0
H	0	0	0	1	1	0	0	0

{A, D, E}

Figura 14

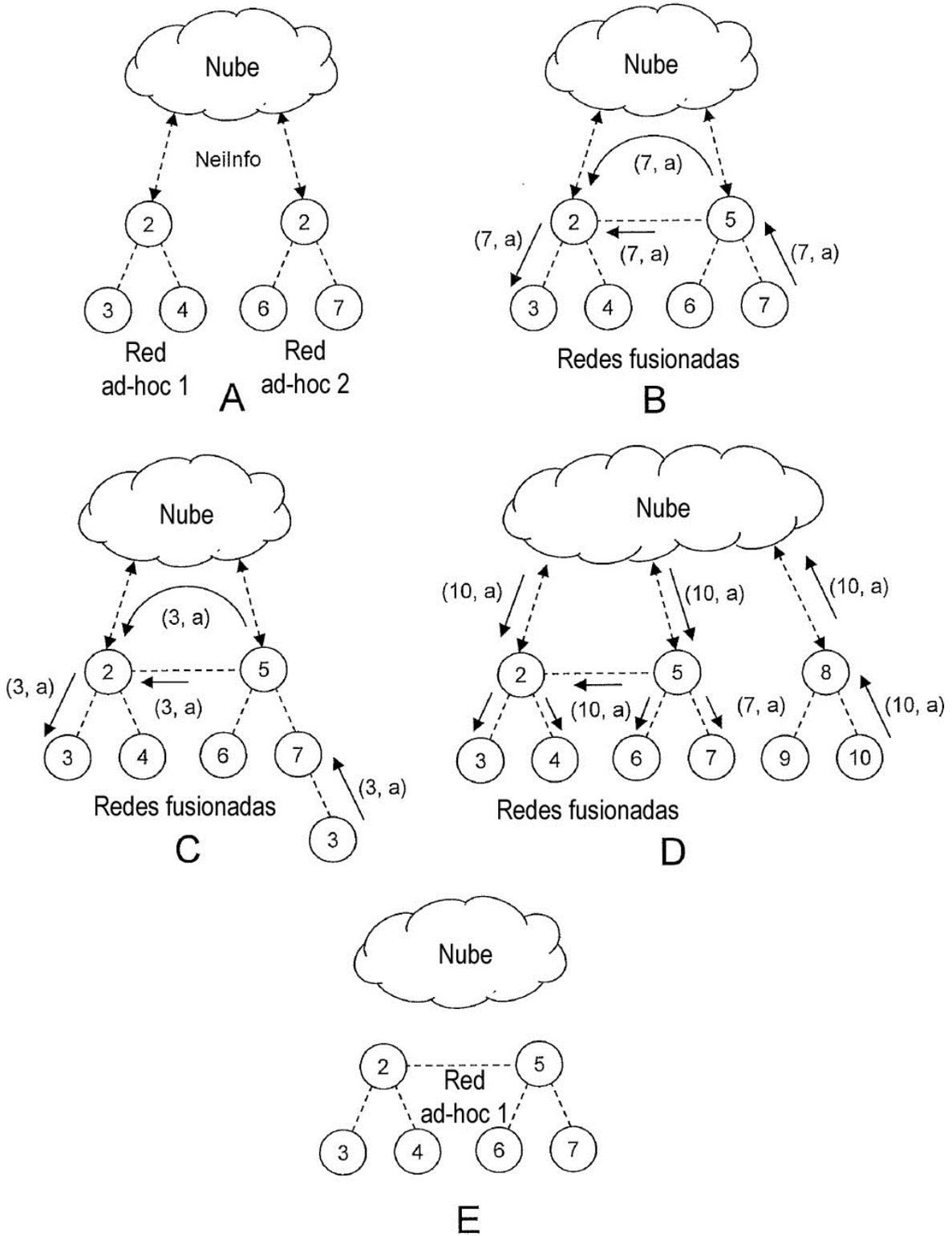


Figura 15

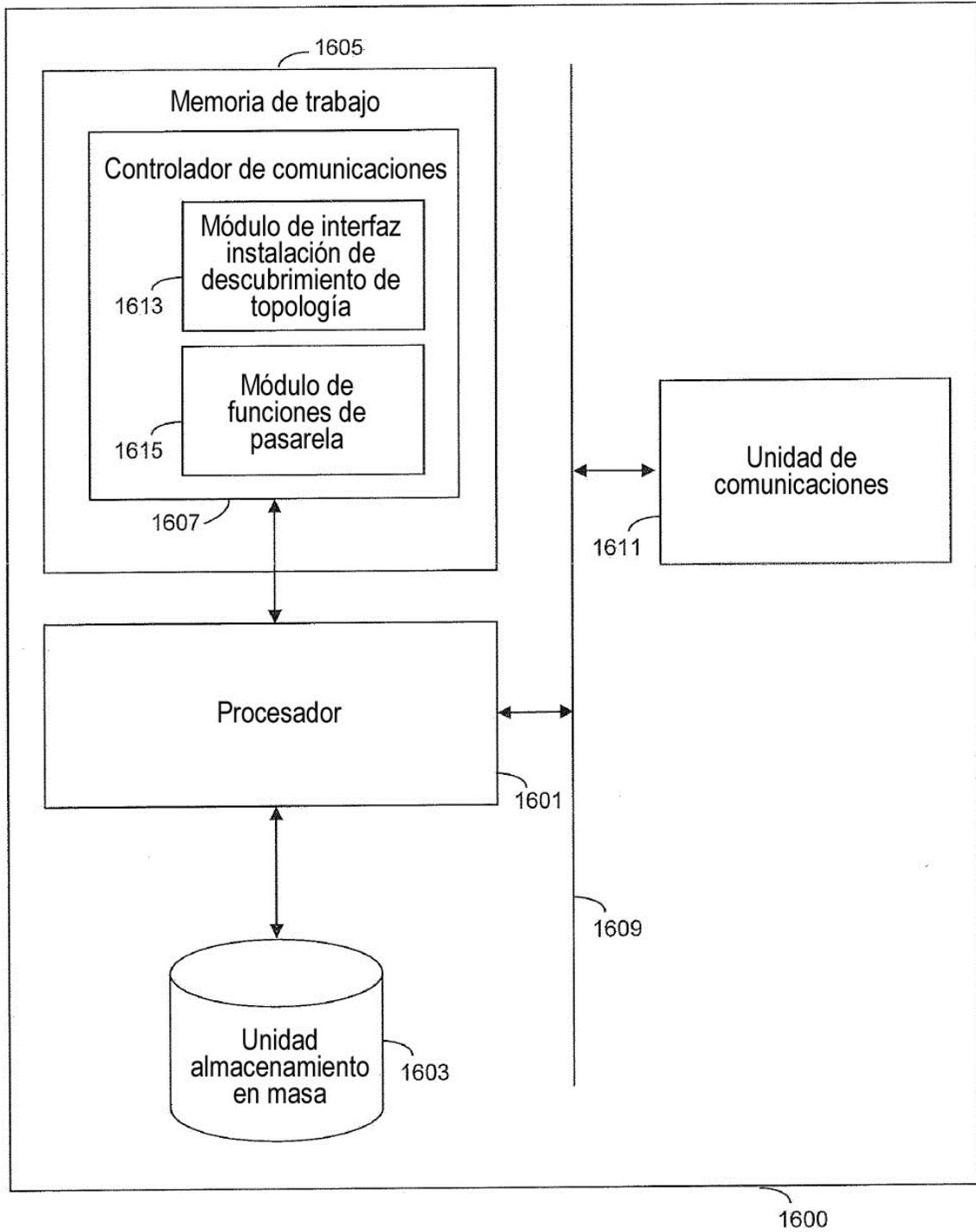


Fig. 16

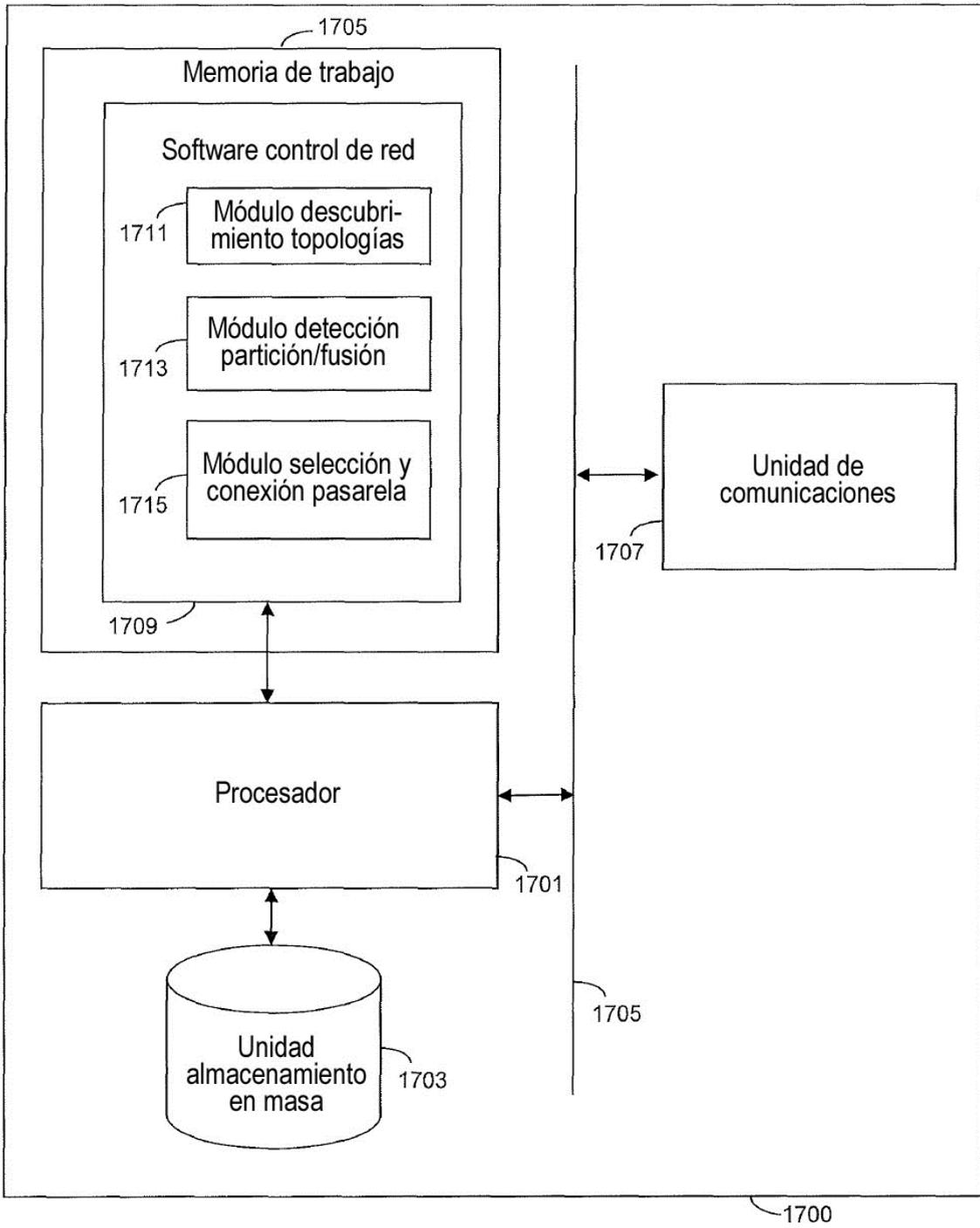


Fig. 17