

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 314**

51 Int. Cl.:

**H04W 40/02** (2009.01)  
**H04W 28/02** (2009.01)  
**H04L 12/721** (2013.01)  
**H04W 40/20** (2009.01)  
**H04W 40/30** (2009.01)  
**H04W 84/18** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2016 E 16151687 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 3046368**

54 Título: **Procedimiento de recogida de informaciones de enrutado en una red ad-hoc y procedimiento de selección de ruta a partir de las informaciones recogidas**

30 Prioridad:

**16.01.2015 FR 1500090**

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

**02.03.2018**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade  
Nord  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**BOURDELLES, MICHEL y  
GAILLIARD, GRÉGORY**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 657 314 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 de recogida de informaciones de enrutado en una red ad-hoc y procedimiento de selección de ruta a partir de las informaciones recogidas

5 La invención se refiere al campo de las redes ad-hoc en malla que incluyen varios nodos móviles que pueden comunicar entre sí a través de una o varias tecnologías de acceso a radio. Más precisamente, la invención se dirige al campo del establecimiento de rutas, para la comunicación entre varios nodos distantes en el seno de la red ad-hoc, de manera dinámica y de manera que tenga en cuenta las restricciones globales de la red, en particular la existencia de varios flujos de comunicación simultáneos en el seno de la red.

10 El establecimiento de rutas óptimas en el seno de una red ad-hoc compleja es un problema corriente en el marco de la problemática general de enrutado en este tipo de redes.

15 La elección de una ruta entre un nodo inicial y varios nodos terminales que permita la retransmisión de los datos entre el nodo inicial y los nodos terminales debe tener en cuenta las características de la red y puede abocar a unas soluciones diferentes en función del objetivo buscado. Este objetivo puede ser evitar las restricciones entre diferentes flujos simultáneos en el seno de la red o asegurar una robustez de la transmisión mediante la duplicación de ciertos flujos o también detectar y tener en cuenta unas situaciones de transmisión simultáneas de varios flujos para realizar una optimización por combinación de flujos (por ejemplo mediante el mecanismo de codificación de red), o tomando en cuenta restricciones de cada uno de los flujos a establecer tales como la latencia de extremo a extremo de la transmisión de los paquetes de datos o la rendimiento de los flujos de datos. Pueden considerarse también otros objetivos tales como la toma en consideración de capacidades de acceso a radio múltiple para ciertos nodos o de una toma en consideración de la capacidad de los enlaces de la red y de las necesidades y criticidades de ciertos flujos.

20 De ese modo, existe una necesidad de un procedimiento de selección de ruta óptimo en el seno de una red ad-hoc que pueda parametrizarse en función del objetivo buscado.

25 Se conocen los procedimientos de selección de ruta basados en los protocolos OLSR (Optimized Link State Routing), OLSRv2, AODV (Ad-hoc On demand Distance Vector) o AODVv2. Estos procedimientos conocidos no permiten establecer unas rutas para un flujo dado en el seno de una red ad-hoc que tenga en cuenta otros flujos establecidos en la topología de la red. Estos procedimientos no permiten identificar más que las capacidades de optimización vinculadas a las topologías identificadas durante el establecimiento del enlace de diferentes flujos.

30 Se conoce por otro lado el documento [1] que propone una solución que se dirige a identificar unas rutas alternativas modificando el algoritmo de enrutado AODV con el fin de identificar unas capacidades de enrutado multi-camino para un flujo particular y aplicar unas optimizaciones de tipo codificación de red sobre las informaciones recolectadas en unos nodos intermedios.

35 Se conocen igualmente los trabajos referidos a los procedimientos de optimización inter-flujos mediante codificación de red ([2], [3], [4], [5]) que se aplican a unos nodos locales intermediarios en un flujo.

Se conoce finalmente la Solicitud de Patente Francesa del presente Solicitante publicada bajo el número FR2973981 que describe un procedimiento para optimizar las capacidades de una red ad-hoc.

La presente invención propone una solución alternativa a las soluciones conocidas que permite tener en cuenta la existencia de flujos de comunicaciones establecidos en el seno de una red ad-hoc para establecer una ruta óptima durante el establecimiento de un nuevo enlace de comunicación entre dos nodos.

40 La invención tiene por objeto un procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal en una red ad-hoc que comprende una pluralidad de nodos móviles, comprendiendo dicho procedimiento:

- Una etapa de detección, por al menos un primer nodo de retransmisión de la red, de una información de pertenencia de dicho primer nodo de retransmisión a al menos un camino que conecta un primer nodo inicial y un primer nodo terminal que busca establecer un enlace de comunicación entre ellos, y de la distancia de dicho primer nodo de retransmisión al primer nodo inicial y/o al primer nodo terminal,
- 45 - Una etapa de comunicación de la información detectada a al menos un segundo nodo que no pertenece a dicho al menos un camino que conecta el primer nodo inicial y el primer nodo terminal,
- Una etapa de selección de una ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal, siendo ejecutada dicha etapa de selección por un nodo inicial en función de las informaciones detectadas y comunicadas a dicho nodo inicial.

50 Según una primera variante particular del procedimiento según la invención, la etapa de detección comprende:

- El envío, a todos los nodos de la red, de un mensaje de solicitud que contiene al menos un identificador de un primer nodo terminal que busca establecer un primer enlace de comunicaciones con un nodo inicial que está en el origen del envío de dicho mensaje de solicitud,
- Con la recepción de dicho mensaje de solicitud por un nodo receptor, la memorización de al menos una

información que permita posicionar dicho nodo receptor en al menos un camino que conecta dicho primer nodo inicial a dicho primer nodo terminal.

Según un aspecto particular de la primera variante, dicho mensaje de solicitud contiene además un identificador de dicho primer nodo inicial.

- 5 Según un aspecto particular de la primera variante, la información que permite posicionar dicho nodo receptor comprende al menos la distancia de dicho nodo receptor a dicho primer nodo inicial y un identificador del nodo vecino precedente a dicho nodo receptor en un camino que conecta dicho primer nodo inicial a dicho primer nodo terminal.

- 10 Según un aspecto particular de la primera variante, la etapa de comunicación de la información detectada comprende la transmisión por un nodo emisor, a los nodos vecinos situados en un camino posible entre un segundo nodo inicial y un segundo nodo terminal que busca establecer un segundo enlace de comunicaciones entre ellos, de un mensaje de respuesta que contiene al menos una información memorizada por dicho nodo emisor que permite posicionar dicho nodo emisor en un camino que conecta dicho primer nodo inicial a dicho primer nodo terminal.

- 15 Según un aspecto particular de la primera variante, el mensaje de respuesta contiene además la distancia de dicho nodo emisor a dicho primer nodo terminal y/o al nodo vecino precedente a dicho nodo emisor en un camino que conecta dicho primer nodo terminal a dicho primer nodo inicial y/o la identificación de dicho primer nodo inicial y/o la identificación de dicho primer nodo terminal.

Según un aspecto particular de la primera variante, el mensaje de respuesta contiene además una información relativa a las restricciones de latencia y/o de rendimiento y/o de criticidad del flujo a establecer.

- 20 Según un aspecto particular de la primera variante, el mensaje de respuesta contiene además una información relativa a las capacidades de transmisión de al menos un nodo receptor de dicho mensaje de respuesta.

- 25 Según un aspecto particular de la invención, un conjunto de nodos de la red transmiten a otros nodos de la red unas informaciones de topología y de conexión de los nodos vecinos situados a al menos un salto así como unas informaciones de identificadores de estos nodos vecinos que actúan como nodos iniciales y unas informaciones de identificadores de nodos terminales asociados a estos nodos iniciales por al menos un enlace de comunicación.

Según una segunda variante de realización de la invención, la etapa de detección comprende:

- El envío, a un conjunto de nodos de la red, de un mensaje de solicitud que contiene al menos un identificador de un primer nodo inicial y de un primer nodo terminal que busca establecer un primer enlace de comunicaciones entre ellos,
- 30 - A la recepción de dicho mensaje de solicitud por un nodo receptor, la adición, en dicho mensaje de solicitud, de al menos una información que permite posicionar dicho nodo receptor en el camino que conecta dicho primer nodo inicial a dicho primer nodo terminal.

Según un aspecto particular de la segunda variante, la información que permite posicionar dicho nodo receptor comprende al menos un identificador de dicho nodo receptor.

- 35 Según un aspecto particular de la segunda variante, la etapa de comunicación de la información detectada comprende la transmisión por un nodo emisor, a los nodos vecinos situados en un camino posible entre un segundo nodo inicial y un segundo nodo terminal que busca establecer un segundo enlace de comunicaciones entre ellos, de un mensaje de respuesta que contiene al menos una información recibida por dicho nodo emisor al final de la fase de detección, permitiendo posicionar a dicho nodo emisor en un camino que conecta dicho primer nodo inicial a dicho primer nodo terminal.
- 40

Según un aspecto particular de la segunda variante, la transmisión de dicho mensaje de respuesta se efectúa gradualmente para los nodos que pertenecen al camino de distancia más corta entre dicho segundo nodo terminal y dicho segundo nodo inicial, siendo evaluada la distancia de un camino en función del número de nodos que pertenecen al camino y de una métrica asociada a cada enlace inter-nodos.

- 45 Según un aspecto particular de la invención, la selección de una ruta se realiza con ayuda de las siguientes etapas:
- Selección de la ruta que corresponde al camino más corto entre el nodo inicial y el nodo terminal,
  - Cuando existen varios caminos equivalentes, selección de la ruta que comprende el menor número de nodos que pertenecen a varios caminos asociados a unos enlaces de comunicaciones distintos.

Según un aspecto particular de la invención, la selección de una ruta se realiza con ayuda de las etapas siguientes:

- 50
- Selección de la ruta que corresponde al camino más corto entre el nodo inicial y el nodo terminal,
  - Cuando existen varios caminos equivalentes, selección de la ruta que favorece a los nodos que pertenecen a varios caminos asociados a unos enlaces de comunicaciones distintos con el objetivo de aplicar un mecanismo de codificación de red.

La invención tiene también por objeto un programa informático que incluye unas instrucciones para la ejecución del procedimiento de establecimiento de ruta según la invención, cuando el programa se ejecuta por un procesador tal como un nodo móvil destinado a comunicar con otros nodos en el seno de una red ad-hoc que comprende unos medios configurados para ejecutar el procedimiento de establecimiento de ruta según la invención.

5 Surgirán mejor otras características y ventajas de la presente invención con la lectura de la descripción que sigue con relación a los dibujos adjuntos que representan:

- La figura 1, un esquema de aplicación de la primera etapa del procedimiento según un primer modo de realización para un ejemplo particular de topología de una red ad-hoc,
- 10 - La figura 2, un esquema de aplicación de la segunda etapa del procedimiento según un primer modo de realización para un ejemplo particular de topología de una red ad-hoc,
- La figura 3, un esquema de aplicación de la primera etapa del procedimiento según un segundo modo de realización para un ejemplo particular de topología de una red ad-hoc,
- La figura 4, un esquema de aplicación de la segunda etapa del procedimiento según un segundo modo de realización para un ejemplo particular de topología de una red ad-hoc,
- 15 - La figura 5, un primer ejemplo de aplicación del procedimiento según la invención a la selección de rutas para el establecimiento de un flujo de comunicación,
- La figura 6, un segundo ejemplo de aplicación del procedimiento según la invención utilizando un mecanismo de codificación de red.

20 La figura 1 esquematiza un ejemplo de red ad-hoc que incluye diez nodos móviles N<sub>1</sub>,...N<sub>10</sub>. Cada nodo posee la capacidad, a través de uno o varios medios de acceso a radio, de comunicar con uno o varios nodos vecinos. En la figura 1, los enlaces de comunicación posibles se representan mediante unas flechas de doble sentido en trazos continuos.

25 En el ejemplo de la figura 1, un primer nodo inicial N<sub>1</sub> busca establecer un primer flujo de comunicación F1 con un primer nodo terminal N<sub>10</sub>. Un segundo nodo inicial N<sub>2</sub> busca establecer un segundo flujo de comunicación F2 con un segundo nodo terminal N<sub>6</sub>. El ejemplo de la figura 1 se limita a dos flujos de comunicación simultáneos pero este ejemplo no es en ningún caso limitativo y puede extenderse a N flujos, siendo N un entero superior o igual a dos.

30 Uno de los objetivos del procedimiento según la invención es recoger, en los nodos iniciales de los flujos N<sub>1</sub> y N<sub>2</sub>, unas informaciones sobre la topología de la red y sobre los otros flujos con el fin de poder aprovechar en un segundo tiempo estas informaciones para determinar una ruta entre el nodo inicial y el nodo terminal.

Con este fin, la invención versa inicialmente sobre un procedimiento de recogida de informaciones de enrutado que comprende principalmente dos etapas.

35 La primera etapa del procedimiento consiste en detectar o identificar, para cada nodo de la red, su pertenencia a un camino posible por el que puede transitar uno de los dos flujos de comunicación F1, F2. En esta primera etapa, se identifica igualmente, para cada nodo situado en un salto, su distancia más corta, en el camino, a los nodos iniciales y terminales del flujo.

La segunda etapa del procedimiento consiste en comunicar las informaciones detectadas durante la primera fase a los nodos iniciales N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> de los flujos de comunicación identificados.

40 El procedimiento de recogida de informaciones de enrutado según la invención puede implementarse según diversas variantes de realizaciones.

Las figuras 1 y 2 ilustran respectivamente la implementación de la primera etapa y de la segunda etapa del procedimiento según un primer modo de realización de la invención.

45 La primera etapa del procedimiento ilustrado en la figura 1 consiste, para cada nodo inicial N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, en difundir un mensaje de solicitud a todos los nodos de la red. El mensaje generado por el nodo inicial contiene el identificador del nodo inicial generador del mensaje y el identificador del nodo terminal que está en el destino con el que el nodo inicial busca establecer un enlace de comunicación. Este mensaje puede transmitir también unas informaciones utilizadas en la decisión de selección de los caminos tales como unas informaciones relativas a las restricciones de latencia y de rendimiento del flujo a establecer, concerniendo unas informaciones a la adaptación posible de estas restricciones o incluso a la criticidad de los flujos.

50 Tomemos el ejemplo del nodo inicial N<sub>1</sub>, este genera un mensaje que contiene al menos la información del nodo inicial N<sub>1</sub> y del nodo terminal N<sub>10</sub> y también la información del nodo emisor del mensaje que es en este caso igualmente el nodo N<sub>1</sub>. Alternativamente, la información {nodo inicial; nodo terminal} puede sustituirse por un identificador del flujo de comunicación F1. Este mensaje se transmite a los vecinos más próximos (es decir situados en un salto) del nodo N<sub>1</sub>, se trata en el ejemplo de la figura 1 del nodo N<sub>3</sub>.

55 Con la recepción de este mensaje, el nodo N<sub>3</sub> lee el mensaje y deduce que el nodo emisor es el nodo N<sub>1</sub> que es

igualmente el nodo inicial. El nodo N<sub>3</sub> está por tanto a una distancia de un salto del nodo inicial. El nodo N<sub>3</sub> memoriza el identificador del nodo precedente y su distancia al nodo inicial. El nodo N<sub>3</sub> completa el mensaje recibido con la información de distancia al nodo inicial N<sub>1</sub> (en este caso igual a 1) y posteriormente transmite el mensaje a sus vecinos más próximos que son en este caso N<sub>4</sub> y N<sub>7</sub>.

5 El nodo N<sub>4</sub> aprovecha las informaciones contenidas en el mensaje para deducir que está a una distancia de dos saltos del nodo inicial N<sub>1</sub> siendo N<sub>3</sub> el nodo precedente en el camino que conecta N<sub>1</sub> a N<sub>4</sub>. N<sub>4</sub> genera a continuación un mensaje que contiene su identificador y la información de distancia al nodo inicial N<sub>1</sub> y la transmite al nodo siguiente.

10 Este procedimiento se itera gradualmente para todos los nodos. Ciertos nodos, como los nodos N<sub>7</sub>, N<sub>8</sub> y N<sub>4</sub> principalmente, reciben unos mensajes de varios vecinos con el mismo identificador de flujo. Estos nodos memorizan entonces varios juegos de informaciones asociadas al mismo flujo.

La primera etapa del procedimiento se ejecuta de manera idéntica para todos los flujos de comunicación, en este caso para el flujo F2 que conecta el nodo inicial N<sub>2</sub> al nodo terminal N<sub>6</sub>.

15 A la salida de esta primera etapa, cada nodo de la red ha memorizado uno o varios pares de informaciones {distancia al nodo inicial, nodo precedente en el camino, identificador del flujo de comunicación} para uno o varios flujos de comunicación.

La figura 2 ilustra la segunda etapa del procedimiento según el primer modo de realización de la invención.

20 En esta segunda etapa, los nodos terminales generan unos mensajes de respuesta que se transmiten gradualmente según todos los caminos que conectan un nodo terminal al nodo inicial asociado al mismo flujo de comunicación. En el transcurso de la propagación de estos mensajes, estos últimos se enriquecen recogiendo las informaciones memorizadas por cada nodo durante la primera etapa del procedimiento. A la salida de la segunda etapa, los nodos iniciales N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> han recuperado en memoria las informaciones identificadas en la figura 2 en la forma de tablas. Como complemento de estas informaciones pueden añadirse unas informaciones específicas del flujo, principalmente las restricciones de rendimiento, latencia y criticidad, si es que se utilizan en los criterios de determinación de ruta por los nodos iniciales de las rutas a establecer.

25 El nodo inicial N<sub>1</sub> asociado al flujo de comunicación F1 ha recuperado la lista de los caminos posibles entre el nodo terminal N<sub>10</sub> y el nodo inicial N<sub>1</sub>. En el ejemplo de la figura 2 hay cuatro caminos posibles:

30 C1: {N<sub>10</sub>, N<sub>9</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>}  
 C2: {N<sub>10</sub>, N<sub>9</sub>, N<sub>5</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>}  
 C3: {N<sub>10</sub>, N<sub>9</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>8</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>}  
 C4: {N<sub>10</sub>, N<sub>9</sub>, N<sub>5</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>8</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>}

35 Además, para cada camino, se indica si uno de los nodos del camino es un nodo inicial o terminal de otro flujo, por ejemplo el flujo F2, o si uno de los nodos del camino está a una distancia de un salto de otro flujo. En el ejemplo de la figura 2, el nodo N<sub>5</sub> en el camino C2 y el camino C4 está a una distancia de un salto del nodo inicial N<sub>2</sub> del flujo F2, lo que se identifica en la tabla memorizada por el nodo N<sub>1</sub> por la información "Inic N<sub>5</sub>, 1" que significa que N<sub>5</sub> está a un salto de un nodo inicial de otro flujo.

El nodo N<sub>7</sub>, en los caminos C3 y C4, está a una distancia de un salto del nodo terminal N<sub>6</sub> del flujo F2, lo que se identifica en la tabla memorizada por el nodo N<sub>1</sub> por la información "term N<sub>7</sub>, 1".

40 Si el nodo inicial N<sub>2</sub> o el nodo terminal N<sub>6</sub> estuvieran situados en un camino posible entre los nodos N<sub>1</sub> y N<sub>10</sub>, se identificarían como tales en la tabla memorizada por el nodo inicial N<sub>1</sub>.

El mismo procedimiento se aplica al nodo inicial N<sub>2</sub> del flujo F2 que memoriza en una tabla las informaciones identificadas en la figura 2 a saber los cuatro caminos siguientes:

45 D1: {N<sub>6</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub>, N<sub>2</sub>}  
 D2: {N<sub>6</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>8</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub>, N<sub>2</sub>}  
 D3: {N<sub>6</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>8</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>9</sub>, N<sub>5</sub>, N<sub>2</sub>}  
 D4: {N<sub>6</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>9</sub>, N<sub>5</sub>, N<sub>2</sub>}

Además, el nodo N<sub>3</sub> se identifica como situado a un salto del nodo inicial N<sub>1</sub> del flujo F1 y el nodo N<sub>9</sub> se identifica como situado a un salto del nodo terminal N<sub>9</sub> del flujo F1.

50 A partir de las informaciones memorizadas al final de las dos etapas del procedimiento de recogida de informaciones de enrutado según la invención, los nodos iniciales N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> pueden elaborar unas decisiones de selección de caminos no solamente en función de un criterio de distancia entre el nodo inicial y el nodo terminal como se realiza usualmente sino igualmente en función de los caminos potencialmente tomados por los otros flujos.

55 Las figuras 3 y 4 ilustran respectivamente la implementación de la primera etapa y de la segunda etapa del procedimiento según un segundo modo de realización de la invención.

Según este segundo modo de realización, la primera etapa del procedimiento es similar a la del primer modo de realización ilustrado en la figura 1 con la diferencia consistente en que las informaciones de distancia y de nodo vecino no se memorizan por cada nodo sino que se acumulan en el mensaje de solicitud hasta su encaminamiento hacia el nodo terminal. Cuando un nodo terminal recibe el mensaje de solicitud, aprovecha las informaciones contenidas en este mensaje para construir una tabla de caminos, para cada flujo, que conecta este nodo terminal a cada nodo inicial de cada flujo.

La tabla  $T_6$  representada en la figura 3 contiene las informaciones memorizadas por el nodo terminal  $N_6$  a la salida de la primera etapa del procedimiento. Contiene, para cada entrada, un camino entre este nodo terminal  $N_6$  y un nodo inicial asociado a un flujo dado, así como el número de nodos o saltos necesarios para recorrer este camino. Por ejemplo, una entrada de una tabla de ese tipo se formatea según la sintaxis siguiente:

{número de saltos, identificadores de los nodos del camino, identificador del flujo}.

Para los flujos distintos a aquel cuyo nodo terminal es el destinatario, se memoriza igualmente el nodo terminal del flujo.

A partir de estas informaciones, el nodo terminal identifica un camino como el más corto  $C_6, C_{10}$  hasta el nodo inicial.

En la segunda etapa del procedimiento, ilustrada en la figura 4, los nodos terminales  $N_6, N_{10}$  generan un mensaje de respuesta que se transmite a través del camino más corto  $C_6, C_{10}$  identificado en la etapa anterior hasta los nodos iniciales  $N_1, N_2$ .

Cuando un nodo intermedio, por ejemplo el nodo  $N_4$ , se sitúa en la intersección de dos caminos asociados a dos flujos  $F_1, F_2$  distintos, recibe el mensaje de respuesta procedente de dos nodos terminales  $N_6, N_{10}$ . Estos dos mensajes se ponen en común y posteriormente se prosigue la transmisión hacia los dos nodos iniciales  $N_1, N_2$ . A la salida de la segunda etapa, los nodos iniciales  $N_1, N_2$  pueden recuperar cada una de las informaciones memorizadas por los nodos terminales  $N_6, N_{10}$ .

Estas informaciones se ilustran en la figura 4 por la tabla T.

Los dos modos de realización de la invención descritos anteriormente son aplicables en el marco de la implementación de una política de enrutado reactivo. El procedimiento según la invención se inicia por un nodo inicial que desea establecer un enlace de comunicación con un nodo terminal. A la salida de la ejecución de las dos etapas del procedimiento, este nodo inicial recupera un conjunto de informaciones, a la vez sobre la topología de la red que le permiten conocer los caminos posibles para acceder al nodo terminal pretendido, pero igualmente sobre los flujos de comunicación ya establecidos en el seno de la red y sobre los caminos potenciales por los que pueden pasar estos flujos.

Una vez recogidas estas informaciones por el nodo inicial, son aprovechadas para determinar una elección de ruta hacia el nodo terminal y aplicar un algoritmo de enrutado.

Según un tercer modo de realización, el procedimiento según la invención puede aplicarse igualmente para una política de enrutado proactivo. En el caso de los enrutados proactivos, cada nodo de la red tiene el conocimiento de la topología de la red antes de una petición de establecimiento de enlaces. Este conocimiento de la topología se obtiene por la transmisión de mensajes de control en la red que transmite unas informaciones parciales de topología. Cada nodo actualiza su tabla de enrutado con la recepción de estos mensajes.

En este tercer modo de realización, el procedimiento se aplica no en un nodo inicial que busca establecer un enlace de comunicación sino en los nodos cualesquiera de la red que transmiten a sus vecinos regularmente unos mensajes de control que contienen unas informaciones de topología.

Cuando ya están establecidos uno o varios flujos de comunicación, los nodos situados en un camino atravesado por estos flujos completan los mensajes de control con unas informaciones de posicionamiento del nodo con relación al nodo inicial o al nodo terminal del flujo considerado. Por ejemplo, un nodo puede indicar que es un nodo inicial o un nodo terminal o que se sitúa a un salto de un nodo inicial o de un nodo terminal.

La figura 5 ilustra, en un ejemplo particular de topología de una red ad-hoc, una aplicación posible de la invención para la determinación de rutas con el fin del establecimiento de flujos de comunicaciones.

El criterio de selección de rutas utilizado para el ejemplo de la figura 5 es el siguiente:

- En primer lugar, elegir el camino más corto para alcanzar el nodo terminal, dicho de otra manera el camino que incluye el menor número de saltos.
- En segundo lugar, si varios caminos presentan el mismo número de saltos, elegir aquel que incluye el menor número de nodos que puedan emitir unos datos procedentes de otro flujo.

El criterio de selección consiste, dicho de otra manera, en identificar, a partir de las informaciones recogidas por los nodos iniciales, los nodos de retransmisión que se encuentran en la intersección de varios flujos para evitarles o minimizar su número en la selección del camino.

En el ejemplo de la figura 5, no existe más que un único camino más corto para conectar el nodo inicial  $N_1$  al nodo terminal  $N_{10}$  (flujo  $F_1$ ). El camino elegido es por tanto el camino  $\{N_3, N_4, N_9\}$ .

Por el contrario, para conectar el nodo inicial N\_2 al nodo terminal N\_6 (flujo F2), existen dos caminos de la misma longitud, el primer camino es {N\_5, N\_4, N\_3, N\_7}, el segundo camino es {N\_5, N\_4, N\_8, N\_7}.

5 Gracias a las informaciones recogidas, el nodo inicial N\_2 del flujo F2 sabe que el nodo N\_3 pertenece al camino de recorrido del flujo F1. A partir de esta información, el nodo inicial N\_2 selecciona más bien el segundo camino, aquel que pasa por el nodo N\_8 que no pertenece a un camino de recorrido del flujo F1.

Eligiendo este criterio de selección de ruta, se evita sobrecargar ciertos enlaces de comunicaciones, en este caso el enlace entre los nodos N\_3 y N\_4, asignándoles a varios flujos mientras que es posible hacerlo de manera que los diferentes flujos de comunicación que atraviesan simultáneamente la red pasen por unos caminos disociados o cuya intersección sea lo más pequeña posible.

10 Una ventaja de esta solución es que permite aprovechar unos recursos globales de la red sin sobrecargar localmente un enlace lo que podría generar un aumento del retardo de transmisión sobre este enlace.

El ejemplo de la figura 5 es por supuesto no limitativo y la invención proporciona unas ventajas tanto más grandes cuanto mayor es el número de flujos de comunicación simultáneos.

La figura 6 ilustra, en el mismo ejemplo de topología de red que la figura 5, otra aplicación de la invención.

15 Se supone en esta aplicación que los nodos de la red tienen la capacidad de poder aplicar un mecanismo de codificación de red.

La elección de una ruta se realiza entonces aprovechando esta capacidad y el conocimiento de los nodos situados en la intersección de varios flujos.

20 En el ejemplo de la figura 6, el nodo N\_4 que recibe unos paquetes a la vez del flujo F1 y del flujo F2 puede combinar los paquetes de estos dos flujos, por ejemplo mediante una operación XOR. El paquete 600 resultante de esta combinación se transmite a los nodos N\_3 y N\_9. El nodo N\_9 recibe un paquete del flujo F2 procedente del nodo N\_5 y combinando este paquete con el paquete 600 recibido del nodo N\_4, puede recuperar el paquete del flujo F1 y encaminarlo hasta su destino. Igualmente, el nodo N\_3 puede combinar el paquete 600 con un paquete del flujo F1 para obtener un paquete del flujo F2 que se transmite al nodo N\_7 posteriormente hasta su destino final que es el nodo N\_6.

25 En resumen, la invención permite, por la recogida de informaciones sobre la pertenencia de los nodos de la red a los caminos de recorrido de los diferentes flujos de comunicación, detectar los nodos situados en la intersección de varios caminos que pueden implementar un mecanismo de codificación de red para optimizar el rendimiento global de los flujos transmitidos.

30 En una variante de realización de la invención, los mensajes transmitidos durante la segunda etapa del procedimiento, relativos a la subida de informaciones recogidas hacia los nodos iniciales, pueden contener igualmente una información sobre la capacidad de ciertos nodos para poseer varios equipos de acceso a radio por ejemplo un acceso por red celular y un acceso por Wi-Fi.

35 El procedimiento según la invención se ejecuta por uno o varios nodos de una red ad-hoc. Un nodo está constituido por un terminal que tiene la capacidad de comunicar con otros nodos a través de una o varias tecnologías de acceso a radio. En este contexto, el procedimiento según la invención puede implementarse sobre un nodo por medio de elementos de hardware y/o de software. El dispositivo integrado en un nodo de la red y configurado para implementar la invención puede comprender principalmente un procesador y una memoria. El procesador puede ser un procesador genérico, un procesador específico, un circuito integrado de aplicación específica (conocido también bajo el nombre inglés de ASIC por "Application-Specific Integrated Circuit") o una matriz de puertas programables en campo (conocido también bajo el nombre inglés de FPGA por "Field-Programmable Gate Array").

40 El dispositivo puede utilizar uno o varios circuitos electrónicos dedicados o un circuito de utilización general. La técnica de la invención puede realizarse sobre una máquina de cálculo reprogramable (un procesador o microcontrolador por ejemplo) que ejecuta un programa que comprende una secuencia de instrucciones, o sobre una máquina de cálculo dedicada (por ejemplo un conjunto de puertas lógicas como una FPGA o un ASIC, o cualquier otro módulo de hardware).

45 El procedimiento según la invención puede implementarse en tanto que un programa informático que incluye unas instrucciones para su ejecución. El programa informático puede registrarse sobre un soporte de registro legible por un procesador. El soporte puede ser electrónico, magnético, óptico o electromagnético.

50 La referencia a un programa informático que, cuando se ejecuta, efectúa una cualquiera de las funciones descritas anteriormente, no se limita a un programa de aplicación que se ejecute en un ordenador anfitrión único. Por el contrario, los términos programa informático y software se utilizarán en este caso en un sentido general para hacer referencia a cualquier tipo de código informático (por ejemplo, un software de aplicación, un micro-software, un micro código, o cualquier otra forma de instrucción de ordenador) que pueda utilizarse para programar uno o varios

procesadores para implementar unos aspectos de las técnicas descritas en el presente documento. Los medios o recursos informáticos pueden principalmente ser distribuidos ("*Cloud computing*"), eventualmente según unas tecnologías entre pares. El código de software puede ejecutarse en no importa qué procesador apropiado (por ejemplo, un microprocesador) o núcleo de procesador o un conjunto de procesadores, tanto si se prevén en un dispositivo de cálculo único, como repartidos entre varios dispositivos de cálculo (por ejemplo tales como eventualmente accesibles en el entorno del dispositivo). El código ejecutable de cada programa que permite al dispositivo programable implementar los procesos según la invención, puede almacenarse, por ejemplo, en el disco duro o en la memoria no volátil. De manera general, el o los programas podrán cargarse en uno de los medios de almacenamiento del dispositivo antes de ser ejecutados. La unidad central puede controlar y dirigir la ejecución de las instrucciones o partes del código de software del o de los programas según la invención, instrucciones que se almacenan en el disco duro o en la memoria no volátil o bien en los otros elementos de almacenamiento antes citados.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal en una red ad-hoc que comprende una pluralidad de nodos móviles, comprendiendo dicho procedimiento:
  - 5 - Una etapa de detección, por al menos un primer nodo de retransmisión de la red (N\_4), de una información de pertenencia de dicho primer nodo de retransmisión (N\_4) a al menos un camino que conecta un primer nodo (N\_1) inicial y un primer nodo (N\_10) terminal que busca establecer un enlace de comunicación entre ellos, y de la distancia de dicho primer nodo (N\_4) de retransmisión al primer nodo (N\_1) inicial y/o al primer nodo (N\_10) terminal,
  - 10 - Una etapa de comunicación de la información detectada a al menos un segundo nodo (N\_2) inicial que no pertenece a dicho al menos un camino que conecta el primer nodo (N\_1) inicial y el primer nodo (N\_10) terminal,
  - Una etapa de selección de una ruta entre el segundo nodo (N\_2) inicial y un segundo nodo (N\_6) terminal, siendo ejecutada dicha etapa de selección por un nodo inicial en función de las informaciones detectadas y comunicadas a dicho nodo inicial.
2. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 1, en el que la etapa de detección comprende:
  - 15 - El envío, a todos los nodos de la red, de un mensaje de solicitud que contiene al menos un identificador de un primer nodo (N\_10) terminal que busca establecer un primer enlace (F1) de comunicaciones con un nodo (N\_1) inicial que está en el origen del envío de dicho mensaje de solicitud,
  - 20 - Con la recepción de dicho mensaje de solicitud por un nodo (N\_4) receptor, la memorización de al menos una información que permita posicionar dicho nodo (N\_4) receptor en al menos un camino que conecta dicho primer nodo (N\_1) inicial a dicho primer nodo (N\_10) terminal.
3. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 2, en el que dicho mensaje de solicitud contiene además un identificador de dicho primer nodo (N\_1) inicial.
4. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según una de las reivindicaciones 2 o 3, en el que la información que permite posicionar dicho nodo (N\_4) receptor comprende al menos la distancia de dicho nodo (N\_4) receptor a dicho primer nodo (N\_1) inicial y un identificador del nodo (N\_3) vecino precedente a dicho nodo (N\_4) receptor en un camino que conecta dicho primer nodo (N\_1) inicial a dicho primer nodo (N\_10) terminal.
5. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según una de las reivindicaciones 2, 3 o 4, en el que la etapa de comunicación de la información detectada comprende la transmisión por un nodo (N\_4) emisor, a los nodos vecinos situados en un camino posible entre el segundo nodo (N\_2) inicial y el segundo nodo (N\_6) terminal que busca establecer un segundo enlace (F2) de comunicaciones entre ellos, de un mensaje de respuesta que contiene al menos una información memorizada por dicho nodo (N\_4) emisor que permite posicionar dicho nodo (N\_4) emisor en un camino que conecta dicho primer nodo (N\_1) inicial a dicho primer nodo (N\_10) terminal.
6. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 5, en el que el mensaje de respuesta contiene además la distancia de dicho nodo (N\_4) emisor a dicho primer nodo (N\_10) terminal y/o al nodo (N\_8) vecino precedente a dicho nodo (N\_4) emisor en un camino que conecta dicho primer nodo (N\_10) terminal a dicho primer nodo (N\_1) inicial y/o la identificación de dicho primer nodo (N\_1) inicial y/o la identificación de dicho primer nodo (N\_10) terminal.
7. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 6, en el que el mensaje de respuesta contiene además una información relativa a las restricciones de latencia y/o de rendimiento y/o de criticidad del flujo a establecer.
8. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según una de las reivindicaciones 6 o 7, en el que el mensaje de respuesta contiene además una información relativa a las capacidades de transmisión de al menos un nodo receptor de dicho mensaje de respuesta.
9. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 1, en el que un conjunto de nodos de la red transmiten a otros nodos de la red informaciones de topología y de conexión de los nodos vecinos situados a al menos un salto así como informaciones de identificadores de estos nodos vecinos que actúan como nodos iniciales e informaciones de identificadores de nodos terminales asociados a estos nodos iniciales por al menos un enlace de comunicación.
10. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 1, en el que la etapa de detección comprende:
  - 55 - El envío, a un conjunto de nodos de la red, de un mensaje de solicitud que contiene al menos un identificador de un primer nodo (N\_1) inicial y de un primer nodo (N\_10) terminal que busca establecer un primer enlace de

comunicaciones entre ellos,

- A la recepción de dicho mensaje de solicitud por un nodo (N\_4) receptor, la adición, en dicho mensaje de solicitud, de al menos una información que permite posicionar dicho nodo (N\_4) receptor en el camino que conecta dicho primer nodo (N\_1) inicial a dicho primer nodo (N\_10) terminal.

- 5 11. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 10, en el que la información que permite posicionar dicho nodo (N\_4) receptor comprende al menos un identificador de dicho nodo (N\_4) receptor.
- 10 12. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según una de las reivindicaciones 10 u 11, en el que la etapa de comunicación de la información detectada comprende la transmisión por un nodo (N\_4, N\_10) emisor, a los nodos vecinos situados en un camino posible entre el segundo nodo (N\_2) inicial y el segundo nodo (N\_6) terminal que busca establecer un segundo enlace (F2) de comunicaciones entre ellos, de un mensaje de respuesta que contiene al menos una información recibida por dicho nodo (N\_4) emisor al final de la fase de detección, permitiendo posicionar dicho nodo (N\_4) emisor en un camino que conecta dicho primer nodo (N\_1) inicial a dicho primer nodo (N\_10) terminal.
- 15 13. Procedimiento de establecimiento de ruta entre un nodo inicial y un nodo terminal según la reivindicación 12, en el que la transmisión de dicho mensaje de respuesta se efectúa gradualmente para los nodos que pertenecen al camino de distancia más corta entre dicho segundo nodo (N\_6) terminal y dicho segundo nodo (N\_2) inicial, siendo evaluada la distancia de un camino en función del número de nodos que pertenecen al camino y de una métrica asociada a cada enlace inter-nodos.
- 20 14. Procedimiento de establecimiento de ruta según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la selección de una ruta se realiza con ayuda de las siguientes etapas:
- Selección de la ruta que corresponde al camino más corto entre el nodo inicial y el nodo terminal,
  - Cuando existen varios caminos equivalentes, selección de la ruta que comprende el menor número de nodos que pertenecen a varios caminos asociados a unos enlaces de comunicaciones distintos.
- 25 15. Procedimiento de establecimiento de ruta según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la selección de una ruta se realiza con ayuda de las siguientes etapas:
- Selección de la ruta que corresponde al camino más corto entre el nodo inicial y el nodo terminal,
  - Cuando existen varios caminos equivalentes, selección de la ruta que favorece a los nodos que pertenecen a varios caminos asociados a unos enlaces de comunicaciones distintos con el objetivo de aplicar un mecanismo
- 30 de codificación de red.
16. Programa informático que incluye instrucciones para la ejecución de cada una de las etapas del procedimiento de establecimiento de ruta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, cuando el programa se ejecuta por un procesador.
- 35 17. Nodo móvil destinado a comunicar con otros nodos en el seno de una red ad-hoc que comprende unos medios configurados para ejecutar cada una de las etapas del procedimiento de establecimiento de ruta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

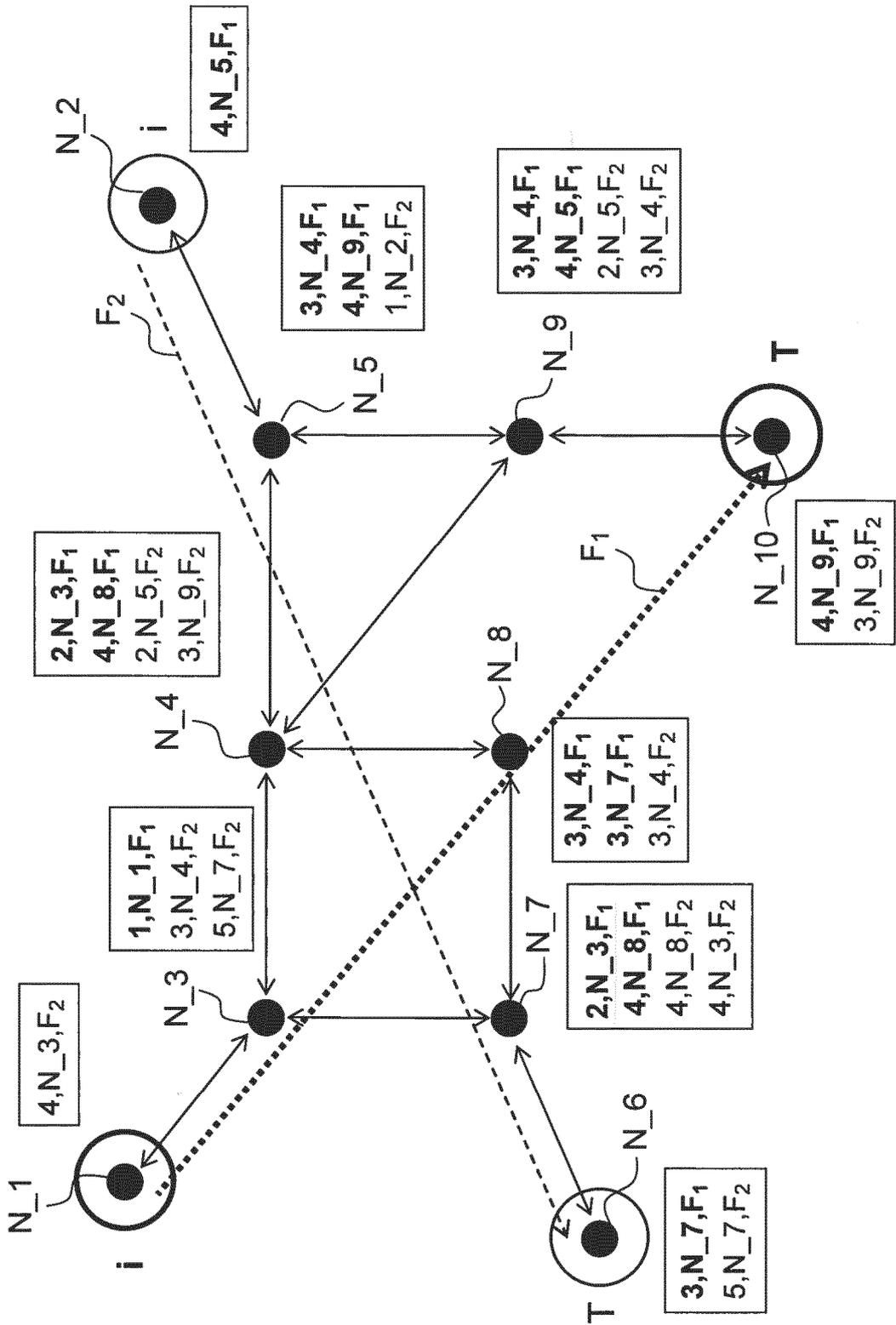


FIG.1

$F_1$   
 $\{N_{10}, N_9, N_4, N_3, N_1\},$   
 $\{N_{10}, N_9, N_5, N_4, N_3, N_1\}, \text{Inic } N_{5,1}$   
 $\{N_{10}, N_9, N_4, N_8, N_7, N_3, N_1\}, \text{term } N_{7,1}$   
 $\{N_{10}, N_9, N_5, N_4, N_8, N_7, N_3, N_1\}, \text{Inic } N_{5,1}, \text{term } N_{7,1}$

$F_2$   
 $\{N_6, N_7, N_3, N_4, N_5, N_2\}, \text{Inic } N_{3,1}$   
 $\{N_6, N_7, N_8, N_4, N_5, N_2\},$   
 $\{N_6, N_7, N_8, N_4, N_9, N_5, N_2\}, \text{term } N_{9,1}$   
 $\{N_6, N_7, N_3, N_4, N_9, N_5, N_2\}, \text{Inic } N_{3,1}, \text{term } N_{9,1}$

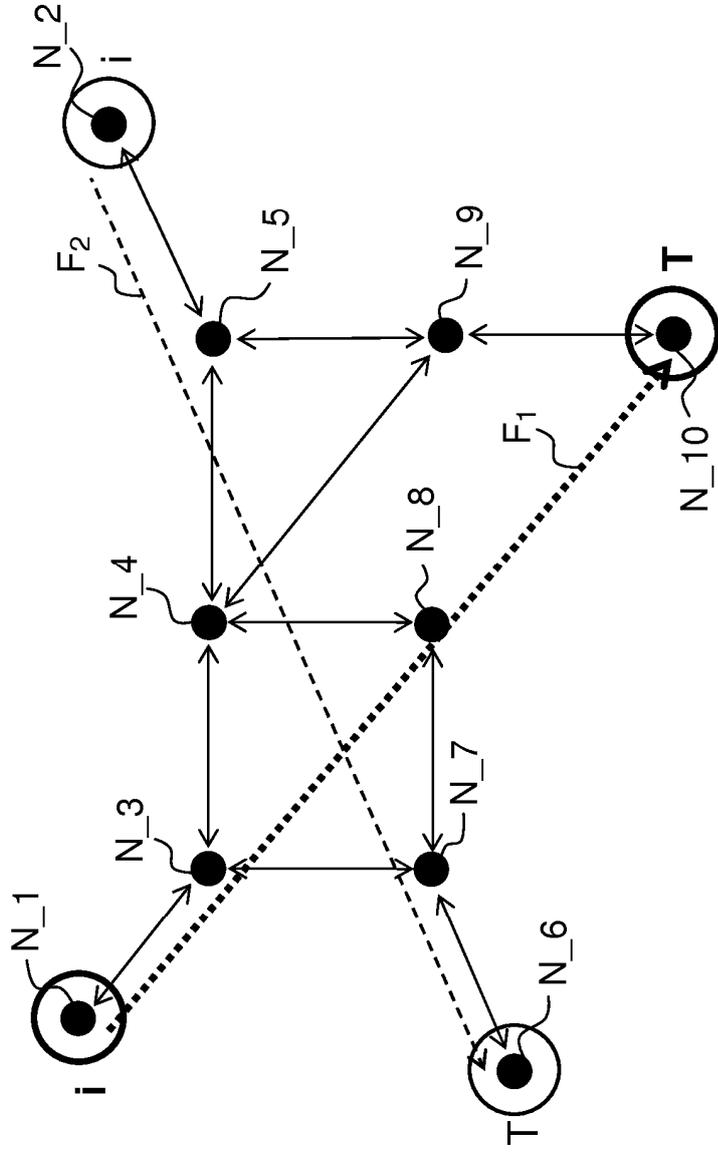


FIG.2

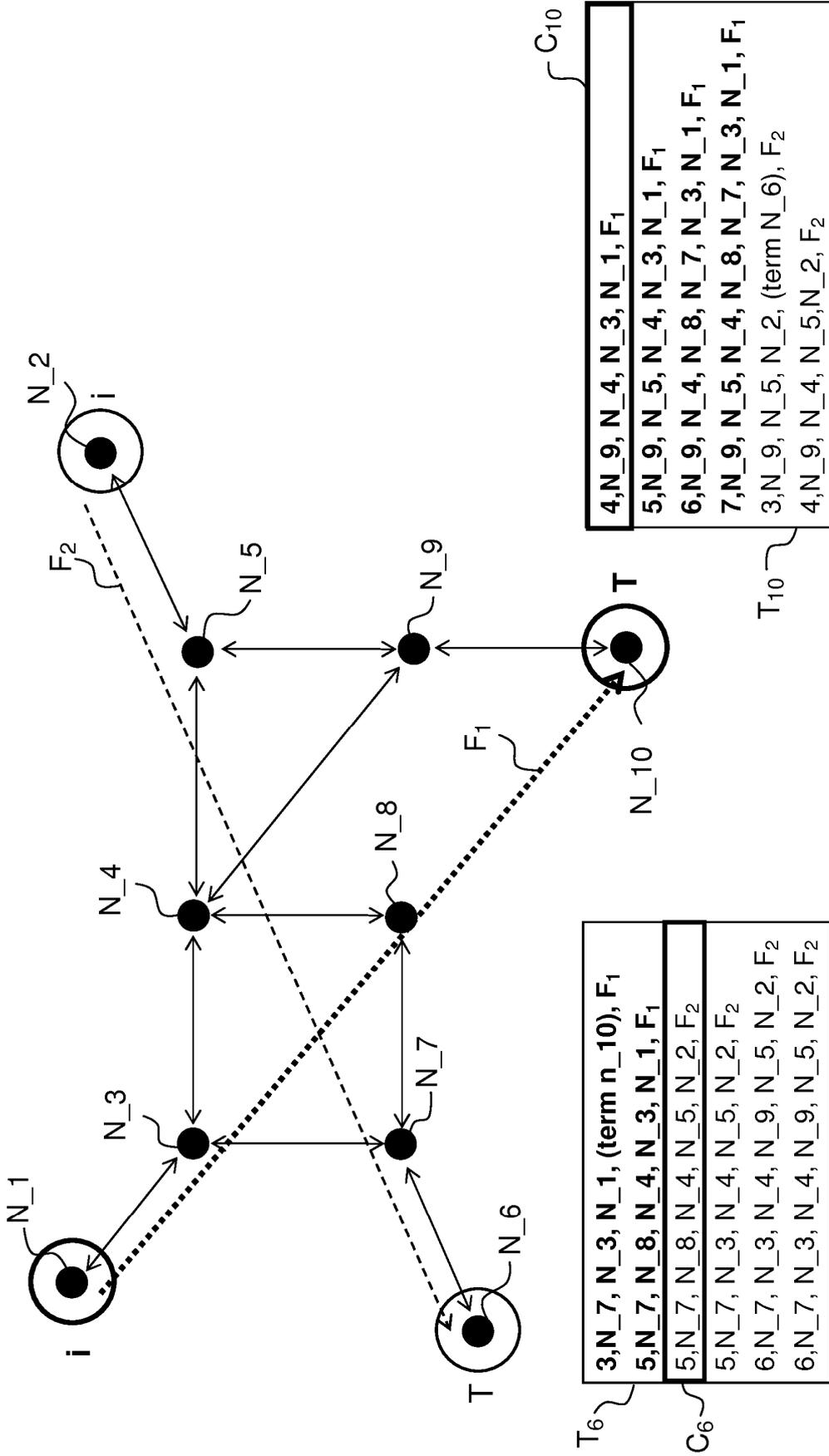


FIG.3

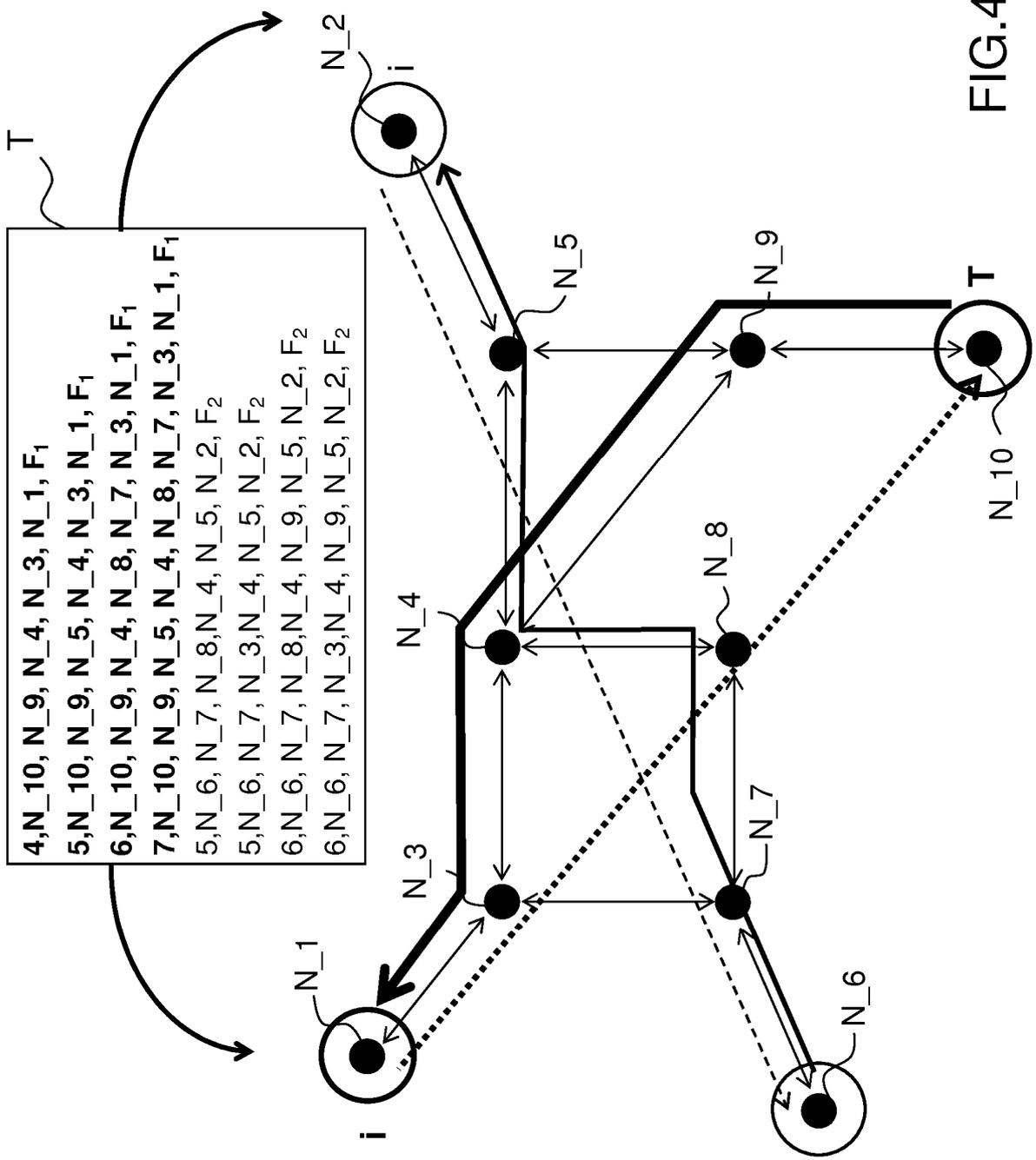


FIG.4

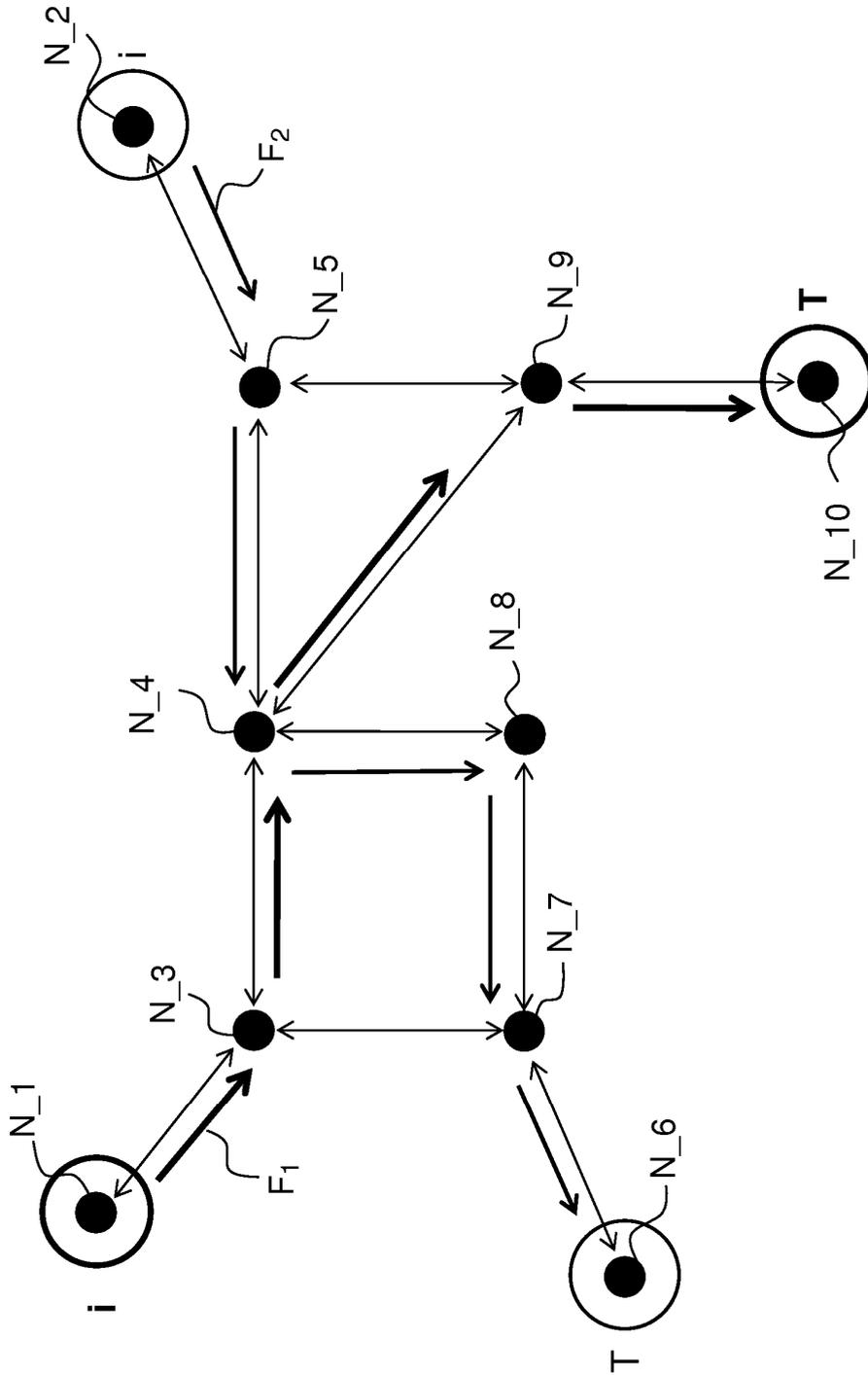


FIG.5

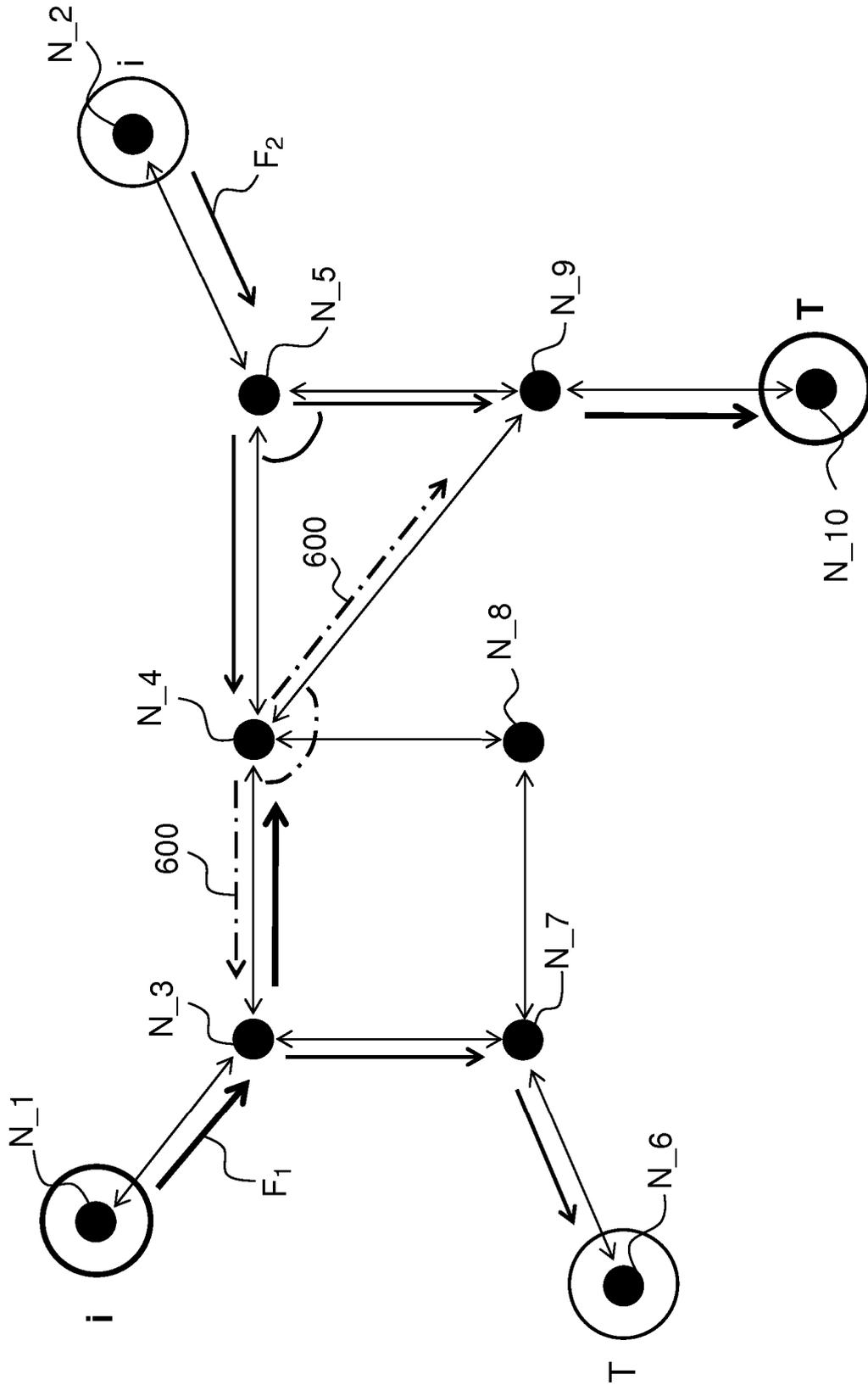


FIG.6