

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 353**

51 Int. Cl.:

H04W 40/18	(2009.01)
H04W 40/24	(2009.01)
H04W 40/30	(2009.01)
H04W 40/34	(2009.01)
H04W 40/38	(2009.01)
H04W 84/18	(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2015 PCT/GB2015/051019**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2015 WO15155509**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2015 E 15715380 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 3130176**

54 Título: **Método y aparato de enrutamiento en red ad-hoc**

30 Prioridad:

07.04.2014 GB 201406288
08.04.2014 EP 14250071

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.01.2020

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

DEARLOVE, CHRISTOPHER, MARK;
CULLEN, ALAN, MANUEL;
HUDSON, PETER, NOBLE y
EISSA, RANIA, HAMDÍ

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 738 353 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

Método y aparato de enrutamiento en red ad-hoc

5 Campo de la invención

La presente invención se relaciona con redes de comunicaciones ad hoc. La presente invención se relaciona en particular con, pero no se limita a, redes inalámbricas ad hoc, incluyendo en particular, pero no limitado a, redes inalámbricas ad hoc en las que algunos o todos los nodos son vehículos, por ejemplo vehículos aéreos no tripulados (UAVs).

10

Antecedentes

15

Se conocen diversos tipos de redes ad hoc, por ejemplo unas basadas en "protocolos de enrutamiento proactivo", que incluyen protocolos que se conocen como "protocolos de enrutamiento de estado de enlace". Un protocolo de enrutamiento de estado de enlace conocido para redes ad hoc es el Protocolo de Enrutamiento de Estado de Enlace Optimizado versión 2 (OLSRv2) [RFC 7181].

20

Un uso conocido de las redes ad hoc es proporcionar una red de comunicaciones inalámbricas donde algunos o todos los nodos son vehículos, por ejemplo vehículos aéreos no tripulados (UAV).

En el campo más general de las redes informáticas y de comunicaciones, se conoce que proporciona redes tolerantes al retardo (DTN), que recientemente se denominan algunas veces como redes tolerantes a la interrupción.

25

LINDGREN SICS A DORIA CONSULTANT E DAVIES FOLLY CONSULTING S GRASIC LULEA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY A: "Probabilistic Routing Protocol for Intermittently Connected Networks; draft-irtf-dtnrg-prophet-10.txt", Internet Engineering Task Force, IETF; STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GINEBRA, SUIZA, 22 de mayo de 2012, páginas 1-122 (de aquí en adelante "Lindgren"), describe un protocolo de enrutamiento probabilístico para redes conectadas de manera intermitente. El proceso se describe como un protocolo de epidemia con poda estricta. El proceso define una métrica probabilística a la que el autor llama previsibilidad de suministro.

30

El documento titulado "Delay-Aware Data Delivery in Vehicular Intermittently Connected Networks" páginas 1134-1143, describe cómo los vehículos móviles sirven como dispositivos oportunistas de almacenamiento-transporte-reenvío y transportan físicamente paquetes de datos desde una fuente en el sitio aislado y los suministra a un destino en un MAN.

35

Resumen de la invención

40

La presente invención se define por las reivindicaciones independientes, a las que ahora se debe hacer referencia. Las realizaciones específicas se definen por las reivindicaciones dependientes. El presente inventor se ha dado cuenta de que sería deseable proporcionar, en una red ad hoc (por ejemplo OLSRV2), una capacidad para almacenar y reenviar mensajes para superar o aliviar situaciones en las que no haya enlaces bidireccionales convencionales adecuados disponibles para un nodo. El presente inventor se ha dado cuenta además de que sería ventajoso si esto pudiera lograrse preferiblemente, en algunos aspectos de la invención, al hacer uso de los parámetros y propiedades existentes de protocolos de red ad hoc existentes, por ejemplo OLSRV2.

45

En un primer aspecto, la invención proporciona un método en una red ad hoc que comprende una pluralidad de nodos, comprendiendo el método: un nodo que anuncia un destino teórico al que no está conectado actualmente como parte de una ruta teórica; asignar al destino teórico, o asociar de otro modo con el destino teórico, un valor métrico especial que da una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc, empleando la red (100) ad hoc un protocolo de enrutamiento en el que se selecciona la ruta adecuada con base en un valor de una combinación de los valores (M1, M2, M3) métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las que se selecciona la ruta adecuada; determinar que un mensaje de un nodo adicional debe transmitirse a través de la ruta teórica; recibiendo el nodo el mensaje del nodo adicional cuando el nodo está en una primera ubicación; almacenando el nodo el mensaje; moviéndose el nodo desde la primera ubicación a una segunda ubicación de esa manera transformando la ruta teórica en una nueva ruta real; y transmitiendo el nodo el mensaje a un segundo nodo adicional como parte de la nueva ruta real.

50

55

60

La combinación de los valores (M1, M2, M3) métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada puede comprender una suma de los valores (M1, M2, M3) métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada.

65

El valor métrico especial puede ser de un valor que cualquier ruta general que involucra el destino teórico será una de último recurso.

5 El valor métrico especial puede ser más alto que el de las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc.

La red ad hoc puede ser operada bajo un protocolo de enrutamiento proactivo.

La red ad hoc puede ser operada bajo un protocolo de enrutamiento de estado de enlace.

10 La red ad hoc puede ser operada bajo el protocolo de OLSRv2.

Algunos o todos los nodos pueden ser vehículos no tripulados.

Algunos o todos los nodos pueden ser vehículos aéreos no tripulados.

15 En un aspecto adicional, la invención proporciona el aparato para uso en una red ad hoc, comprendiendo la red ad hoc una pluralidad de nodos, comprendiendo el aparato: medios para que un nodo anuncie un destino teórico al que el nodo no está enlazado actualmente como parte de una ruta de mensaje teórica; medios para asignar al destino teórico, o asociar de otro modo con el destino teórico, un valor métrico especial que da una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc, empleando la red (100) ad hoc un protocolo de enrutamiento en el que la ruta adecuada se selecciona con base en un valor de una combinación de los valores (M1, M2, M3) métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada; medios para determinar que un mensaje de un nodo adicional debe transmitirse a través de la ruta teórica; medios para que el nodo reciba el mensaje del nodo adicional cuando el nodo está en una primera ubicación; medios para que el nodo almacene el mensaje; y medios para que, después de que el nodo se haya movido de la primera ubicación a una segunda ubicación de esa manera transformando la ruta teórica en una nueva ruta real, el nodo transmita el mensaje a un segundo nodo adicional como parte de la nueva ruta real.

20 La combinación de los valores (M1, M2, M3) métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada comprende una suma de los valores (M1, M2, M3) métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada.

35 El valor métrico especial puede ser de un valor que cualquier ruta general que involucra el destino teórico será una de último recurso.

El valor métrico especial puede ser más alto que el de las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc.

La red ad hoc puede ser operada bajo el protocolo de OLSRv2.

40 Algunos o todos los nodos pueden ser vehículos no tripulados.

45 En un aspecto adicional, la invención proporciona un programa o pluralidad de programas dispuesto de tal manera que cuando se ejecuta mediante un sistema informático o uno o más procesadores produce que el sistema informático o el uno o más procesadores operen de acuerdo con el método de cualquiera de los aspectos anteriores.

En un aspecto adicional, la invención proporciona un medio de almacenamiento legible por máquina que almacena un programa o al menos uno de la pluralidad de programas de acuerdo con los aspectos anteriores.

50 En un aspecto adicional, la invención proporciona un método en una red ad hoc que comprende una pluralidad de nodos, comprendiendo el método: un nodo que anuncia un destino teórico al que no está conectado actualmente como parte de una ruta teórica; asignar al destino teórico, o asociar de otro modo con el destino teórico, un valor métrico especial que da una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc; determinar que un mensaje de un nodo adicional debe transmitirse a través de la ruta teórica; recibiendo el nodo el mensaje del nodo adicional cuando el nodo está en una primera ubicación; almacenando el nodo el mensaje; moviéndose el nodo desde la primera ubicación a una segunda ubicación de esa manera transformando la ruta teórica en una nueva ruta real; y transmitiendo el nodo el mensaje a un segundo nodo adicional como parte de la nueva ruta real.

60 En un aspecto adicional, la invención proporciona el aparato para uso en una red ad hoc, comprendiendo la red ad hoc una pluralidad de nodos, comprendiendo el aparato: medios para que un nodo anuncie un destino teórico al que el nodo no está enlazado actualmente como parte de una ruta de mensaje teórica; medios para asignar al destino teórico, o asociar de otro modo con el destino teórico, un valor métrico especial que da una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc; medios para determinar que un mensaje de un nodo adicional debe transmitirse a través de la ruta teórica; medios para que el nodo reciba el mensaje del nodo adicional cuando el nodo está en una

primera ubicación; medios para que el nodo almacene el mensaje; y medios para que, después de que el nodo se haya movido de la primera ubicación a una segunda ubicación de esa manera transformando la ruta teórica en una nueva ruta real, el nodo transmita el mensaje a un segundo nodo adicional como parte de la nueva ruta real.

5 Breve descripción de los dibujos

10 La figura 1 es una ilustración esquemática de una red ad hoc;

La figura 2 es una representación esquemática de valores métricos de enlace como se usa típicamente en redes ad hoc, incluyendo el protocolo de OLSRv2;

15 La figura 3 es una representación esquemática de valores métricos de enlace usados en una realización; y

La figura 4 es un diagrama de flujo de proceso que comprende ciertas etapas de un proceso de operación de una red ad hoc.

20 Descripción detallada

La figura 1 es una ilustración esquemática de una red 100 inalámbrica ad hoc (de aquí en adelante denominada como una red 100) en la que se puede implementar una primera realización. En esta realización la red 100 comprende una pluralidad de nodos, de los cuales algunos están en la forma de UAVs. Otros nodos pueden estar en otras formas, por ejemplo aeronaves tripuladas y/o estaciones terrestres.

25 En esta realización la red 100 opera de acuerdo con el protocolo de OLSRv2, de manera convencional, excepto cuando se exprese lo contrario a continuación.

30 A modo de ejemplo, se muestran cinco nodos de UAV en la figura 1, concretamente un primer nodo 1, un segundo nodo 2, un tercer nodo 3, un cuarto nodo 4, y un quinto nodo 5. También se muestran esquemáticamente en la figura 1 dos subredes de la red 100, concretamente una primera subred 8 y una segunda subred 9. Las subredes comprenden una pluralidad de nodos adicionales que están interconectados de cualquier manera adecuada y de acuerdo con sus situaciones actuales. El tercer nodo 3 se muestra dos veces en la figura 1. Una primera representación del tercer nodo 3 se dibuja en dibujo de línea normal y representando esquemáticamente que está en una primera ubicación 31 física. En el escenario en cuestión, cuando está en su primera ubicación 31, el tercer nodo 3 está a una distancia relativamente larga lejos del cuarto nodo 4. En este escenario de ejemplo, el tercer nodo 3 entonces moverá su ubicación física a una nueva segunda posición 32 que está relativamente más cerca al cuarto nodo 4. Una segunda representación del tercer nodo 3 se dibuja en forma de línea discontinua y representa esquemáticamente el tercer nodo 3 cuando está en su nueva segunda posición 32.

40 Los nodos de la red 100 se acoplan en una forma ad hoc mediante enlaces inalámbricos establecidos entre los nodos respectivos. Algunos nodos pueden estar acoplados a solo un otro nodo, mientras que otros nodos pueden estar acoplados a otros nodos plurales. La figura 1 muestra una situación actual donde de manera convencional todos los enlaces operan como enlaces bidireccionales de manera convencional.

45 En la situación actual de ejemplo que se muestra en la figura 1, se proporciona un primer enlace 11 entre el primer nodo 1 y el segundo nodo 2, se proporciona un segundo enlace 12 entre el segundo nodo 2 y el tercer nodo 3 cuando está en su posición 31 inicial, se proporciona un tercer enlace 13 entre el tercer nodo 3 cuando está en su segunda posición 32 posterior y el cuarto nodo 4, y se proporciona un cuarto enlace 14 entre el cuarto nodo 4 y el quinto nodo 5. Adicionalmente en este escenario de ejemplo, se proporcionan enlaces entre los nodos de UAV y los nodos (no se muestran) en las subredes 8 y 9, que para facilidad de referencia de aquí en adelante se denominarán enlaces de subred. A modo de ejemplo solo se muestra un enlace de subred tal para cada nodo en la figura 1, como sigue: se proporciona un primer enlace 21 de subred entre el primer nodo 1 y un nodo (no se muestra) en la primera subred 8, se proporciona un segundo enlace 22 de subred entre el segundo nodo 2 y un nodo (no se muestra) en la primera subred 8, se proporciona una primera implementación 23-1 de un tercer enlace de subred entre el tercer nodo 3 cuando está en su posición 31 inicial y un nodo (no se muestra) en la primera subred 8, se proporciona una segunda implementación 23-2 de un tercer enlace de subred entre el tercer nodo 3 cuando está en su segunda posición 32 posterior y un nodo (no se muestra) en la segunda subred 9, se proporciona un cuarto enlace 24 de subred entre el cuarto nodo 4 y un nodo (no se muestra) en la segunda subred 9, y se proporciona un quinto enlace 25 de subred entre el quinto nodo 5 y un nodo (no se muestra) en la segunda subred 9. También se muestra un enlace 89, que para facilidad de referencia de aquí en adelante se denominará el enlace 89 de interred.

60 En la práctica cualquiera de los nodos que se muestran en la figura 1 se puede acoplar mediante enlaces bidireccionales adicionales a nodos adicionales además de aquellos que se muestran en la figura, incluyendo nodos adicionales en la primera subred 8 y la segunda subred 9, y puede haber más de un enlace entre las dos subredes.

Sin embargo, por conveniencia, y claridad del dibujo, solo los enlaces mencionados anteriormente se considerarán en la siguiente descripción de esta realización.

5 Notar que en este escenario de ejemplo no hay enlace provisto entre el tercer nodo 3 cuando está en su posición 31 inicial y el cuarto nodo 4 ya que los dos nodos están demasiado separados, y asimismo no hay enlace provisto entre el segundo nodo 2 y el tercer nodo 3 cuando está en su segunda posición 32 posterior ya que los dos nodos están demasiado separados. Nótese también que en este escenario de ejemplo se supone que en el momento en que el tercer nodo 3 se mueve desde su primera posición 31 a su segunda posición 32 posterior, el movimiento relativo entre los otros nodos es solo de una cantidad limitada que no altera la provisión de los otros enlaces.

10 En operación, en resumen considerar una situación de ejemplo donde el primer nodo 1 requiere enviar un mensaje al quinto nodo 5.

15 A modo de ejemplo, en esta realización, siguiendo la operación de red ad hoc convencional bajo el protocolo de OLSRv2, y en términos de los enlaces disponibles en la figura 1, y siempre que el enlace 89 de interred esté disponible, entonces el mensaje puede ser enrutado desde el del primer nodo 1 al quinto nodo 5 a través del enlace 89 de interred. Como parte del enrutamiento general, la ruta desde el primer nodo 1 al nodo relevante en la primera subred 8 se seleccionará de entre el primer enlace 11, el segundo enlace 12, el primer enlace 21 de subred, el segundo enlace 22 de subred, la primera implementación 23-1 del tercer enlace de subred, y los enlaces disponibles dentro de la primera subred 8, de acuerdo con cálculos de valores métricos convencionales derivados de esos enlaces. De manera correspondiente, la ruta desde el nodo relevante en la segunda subred 9 al quinto nodo 5 se seleccionará de entre el tercer enlace 13, el cuarto enlace 14, el cuarto enlace 24 de subred, el quinto enlace 25 de subred, la segunda implementación 23-2 del tercer enlace de subred, y los enlaces disponibles dentro de la segunda subred 9, de acuerdo con los cálculos de valores métricos convencionales derivados de esos enlaces.

20 Como se mencionó, cuál de las rutas anteriores se seleccionará, se determinará usando procesos convencionales bajo OLSRv2. Más particularmente, la red 100 emplea un protocolo de enrutamiento que evalúa la ruta en una base de extremo a extremo. Esto incluirá sumar los valores métricos de enlace de OLSRv2 respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles para proporcionar una suma de los valores métricos de enlace de OLSRv2 respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles, con la ruta con la suma más baja de valores métricos de enlace elegidos, suponiendo que no se incluyen otras consideraciones. En otras realizaciones, los valores métricos de enlace de OLSRv2 respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles se pueden combinar en formas distintas a la suma estricta como tal, para proporcionar una combinación de los valores métricos de enlace de OLSRv2 respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles, con la ruta que se selecciona con base en el valor de la combinación que cumpla un criterio predeterminado (por ejemplo más alto, o más bajo, u otro criterio, como sea apropiado). Un ejemplo de una combinación tal es el de una suma ponderada de los valores métricos de enlace de OLSRv2 respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles.

25 La figura 2 es una representación esquemática de valores métricos de enlace como se usa típicamente en redes ad hoc, incluyendo el protocolo de OLSRv2 de esta realización. (La implementación convencional de valores de enlace métricos es bien conocida por la persona experimentada por lo que solo se discutirá en una forma simplificada con referencia a la figura 2). Se asignan o determinan diferentes valores de enlace métricos para cada enlace. En este ejemplo simplificado se muestran tres valores de enlace métricos diferentes concretamente (desde valor más bajo hasta valor más alto) M1, M2 y M3. Los valores pueden diferir típicamente por hasta unos pocos órdenes de magnitud. Por ejemplo, en esta realización, M1 puede ser igual a 2, M2 puede ser igual a 2³, y M3 puede ser igual a 2⁵, y

los enlaces respectivos (no se muestran) entre los nodos (no se muestran) dentro de la subred 8 teniendo cada uno un valor de enlace métrico de M1 = 2;

50 los enlaces respectivos entre el primer a quinto nodos, es decir el primer enlace 11, el segundo enlace 12, el tercer enlace 13, y el cuarto enlace 14, teniendo cada uno un valor de enlace métrico de M2 = 2³; y

55 los enlaces de subred respectivos entre el primer a quinto nodos respectivamente y la subred 8, es decir el primer enlace 21 de subred, el segundo enlace 22 de subred, la primera implementación 23-1 y la segunda implementación 23-2 del tercer enlace de subred, el cuarto enlace 24 de subred, y el quinto enlace 25 de subred, teniendo cada uno un valor de enlace métrico de M3 = 2⁵.

60 Sin embargo, en esta realización, además de las rutas convencionales descritas anteriormente, se proporcionan posibles rutas adicionales. Estas posibles rutas adicionales se proporcionan en virtud de un conocimiento, estimación o predicción (que puede determinarse por el tercer nodo 3 mismo o por una o más otras entidades de red) de que el tercer nodo 3 se moverá a una nueva ubicación física (por ejemplo su segunda posición 32 posterior), donde estarán disponibles el tercer enlace 13 y la segunda implementación 23-2 de un tercer enlace 23-2 de subred. Por lo tanto el tercer nodo 3 anuncia la conectividad a los destinos en la segunda subred 9 incluyendo el cuarto nodo 4 y el quinto nodo 5. Por consiguiente, en virtud de que el tercer nodo recibe el mensaje cuando está en su primera ubicación 31, entonces almacena el mensaje mientras que se mueve a la segunda ubicación 32 posterior donde puede entonces reenviar el mensaje, el tercer nodo 3 puede contribuir con rutas adicionales como disponibles en esta realización. En

particular, el tercer nodo 3 contribuye a la disponibilidad de una trayectoria directa desde sí mismo al cuarto nodo a través del tercer enlace 13, y también a una trayectoria directa desde sí mismo a la segunda subred 9 a través de la segunda implementación 23-2 del tercer enlace de subred. En esta realización, los destinos anunciados por el tercer nodo como parte de estas rutas contribuidas adicionales se anuncian de la misma manera en que convencionalmente, bajo por ejemplo OLSRV2, las redes unidas se anuncian como destinos. También, de la misma manera como se asignan las métricas de destino, bajo OLSRV2 por ejemplo, a las redes unidas, se asigna una métrica de destino al destino de cada una de estas rutas contribuidas adicionales.

Cuando estas rutas contribuidas adicionales se incluyan en la elección disponible general de rutas, cual de las rutas anteriores se selecciona se determinará usando procesos convencionales bajo OLSRV2. Esto incluirá la suma de los valores métricos de enlace de OLSRV2 respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles, más, para estas rutas contribuidas adicionales, incluyendo en la suma de los valores métricos la métrica de destino asignada, con la ruta con la suma más baja de los valores métricos de enlace que son elegidos, suponiendo que no se incluyen otras consideraciones.

Por tanto, en esta realización, cuando el enlace 89 de interred deja de estar disponible (y no hay otros enlaces entre las dos subredes), o en otros escenarios o circunstancias donde no había enlace de interred entre las dos subredes para empezar, las rutas adicionales contribuidas por el tercer nodo que se derivan del tercer nodo 3 que almacenan y que reenvían el mensaje, pueden usarse en su lugar. En otras palabras, a pesar de que el enlace 89 de interred no está presente, el enrutamiento general desde el primer nodo 1 al quinto nodo 5 todavía puede tener lugar. Una primera parte de la ruta será desde el primer nodo 1 hasta el tercer nodo 3 cuando está en su primera posición 31 - esta primera parte de la ruta se seleccionará de entre el primer enlace 11, el segundo enlace 12, el primer enlace 21 de subred, el segundo enlace 22 de subred, la primera implementación 23-1 del tercer enlace de subred, y los enlaces disponibles dentro de la primera subred 8, de acuerdo con los cálculos de valores métricos convencionales derivados de esos enlaces. Una segunda parte de la ruta será desde el tercer nodo 3 cuando está en su segunda posición 32 al quinto nodo 5 - esta primera parte de la ruta se seleccionará de entre el tercer enlace 13, el cuarto enlace 14, el cuarto enlace 24 de subred, el quinto enlace 25 de subred, la segunda implementación 23-2 del tercer enlace de subred, y los enlaces disponibles dentro de la segunda subred 9, de acuerdo con los cálculos de valores métricos convencionales derivados de esos enlaces.

El inventor se ha dado cuenta de que aunque esto es ventajoso, aún así, en la mayoría de escenarios prácticos, las desventajas potenciales de usar las rutas potenciales adicionales disponibles (por ejemplo incertidumbre de movimiento, otros enlaces que cambian durante el tiempo en que se mueve el nodo de almacenamiento y reenvío, y el retardo de tiempo resultante mismo) cuando las rutas convencionales aún así estén disponibles tenderán a ser desproporcionadas a un beneficio de simplemente proporcionar una selección más amplia de rutas disponibles. Esto ha llevado al inventor a proporcionar un aspecto adicional en esta realización, en el que se prevé que los nuevos tipos de rutas solo tenderán a usarse si no están disponibles las rutas convencionales (es decir en este ejemplo, aquellas que van a través del enlace 89 de interred). Más particularmente, aquellos destinos que se proporcionan en virtud de la operación de almacenamiento y reenvío del tercer nodo (en este ejemplo el cuarto nodo 4 y el quinto nodo 5) se asignan (o se asocian de otra manera con) valores métricos (de destino) especiales que dan una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir los mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente que no se derivan de un proceso de almacenamiento y reenvío.

La implementación de este último aspecto en esta realización se describirá ahora con referencia a la figura 3.

La figura 3 es una representación esquemática de valores métricos usados en esta realización. Por consiguiente, los valores métricos de enlace que ya mostrados en la figura 2 están incluidos e indicados por los mismos números de referencia, y adicionalmente se muestra un valor métrico adicional, denominado aquí como un valor M4 métrico especial, que en esta realización tiene el valor $M4 = 2^{22}$. En esta realización, aquellos destinos que son dependientes de un proceso de almacenamiento y reenvío (en este ejemplo aquellos destinos que se alcanzan en virtud de la operación de almacenamiento y reenvío realizada, o al menos ofrecida como disponible, por el tercer nodo 3 que subsiguientemente usa el tercer enlace 13 o la segunda implementación 23-2 del tercer enlace de subred) se les asigna el valor M4 métrico especial = 2^{22} . De este modo, en comparación con los valores métricos de enlace asignados a los otros enlaces, (es decir $M1 = 2$, $M2 = 2^3$, y $M3 = 2^5$), es menos probable que se seleccionen las rutas con el valor M4. Preferiblemente (como de hecho el caso en esta realización), el valor relativo del valor M4 métrico especial es suficientemente alto, por ejemplo muchos órdenes de magnitud, que cualquier ruta general, por ejemplo las rutas contribuidas adicionales que se discutieron anteriormente, que involucren una o más métricas especiales de tal valor serán unas de último recurso, es decir solo se usarán si no hay rutas convencionales, incluyendo aquellas descritas anteriormente, o de hecho incluso rutas significativamente más largas (no se muestran), si tales rutas se componen completamente de enlaces convencionales, están disponibles.

En esta realización todos los destinos proporcionados en virtud de un proceso de almacenamiento y reenvío se les asigna (o se asocian de otro modo con) el mismo valor M4 métrico especial. Sin embargo, esto no necesita ser el caso, y en otras realizaciones a tales destinos diferentes se les pueden asignar (o asociarse de otro modo con) diferentes valores métricos especiales. Sin embargo, preferiblemente, todos los tales valores métricos especiales aun así son muy altos en comparación con los valores de enlace métricos asignados a los enlaces convencionales dentro

de la red 100. En realizaciones adicionales, uno o más valores métricos altos especiales pueden especificarse o determinarse de manera dinámica, por ejemplo se pueden especificar diferentes valores en diferentes momentos, o en diferentes misiones u otras variables de implementación, o se pueden variar de acuerdo con las características dinámicas de red bajo el control de un algoritmo, o se pueden actualizar bajo una instrucción recibida a través de la red, y así sucesivamente.

Bajo el protocolo de OLSRV2 los nodos determinan cuales destinos externos son alcanzables y entonces informan a los otros nodos de las métricas. En esta realización, por lo tanto, este aspecto del protocolo varía para los destinos que deben proporcionarse al almacenar y reenviar, y en vez el nodo de almacenamiento y reenvío (en este ejemplo el tercer nodo 3) determina el valor/valores métricos para los destinos artificiales que está creando, e informa al segundo nodo 2 de este/estos valores. En otras realizaciones, se puede usar cualquier otro mecanismo apropiado para asignar un valor métrico de OLSRV2 más alto especial a (o asociar de otro modo un valor métrico de OLSRV2 más alto especial con) un destino de almacenamiento y reenvío que se asigna a los destinos convencionales. Por ejemplo, se puede usar la información de capa de protocolo físico, y posiblemente también la información del planificador de misión.

En las realizaciones anteriores los diversos procesos descritos se implementan en la capa de protocolo de OLSRV2 de un apilamiento de protocolos. En otras realizaciones los procesos pueden implementarse en cualquier capa de protocolo adecuada. Como la persona experimentada conoce bien, muchas configuraciones de apilamiento de protocolos de comunicaciones están disponibles en la técnica, y la persona experimentada adaptará una capa de protocolo adecuada como sea apropiado dependiendo de la implementación de apilamiento de protocolos requerida o deseada. Generalmente hablando, también estará fácilmente dentro de las capacidades de la persona experimentada para adaptar cualquier otra capa del apilamiento de protocolos si es necesario para adaptar los cambios hechos en la capa principal en la que él o ella está implementando realizaciones de la invención.

Las realizaciones descritas anteriormente pueden describirse y representarse además en términos de un diagrama de flujo de proceso que comprende ciertas etapas de esas realizaciones de un proceso de operación de una red ad hoc, como se muestra en la figura 4.

Con referencia a la figura 4, en la etapa s2, el tercer nodo, ubicado en una primera posición 31, anuncia un destino de mensaje teórico al que no está enlazado actualmente.

En la etapa s4, un valor métrico alto especial (cuyo valor representa preferiblemente las rutas teóricas como unas de último recurso) se asigna a (o está asociado de otro modo con) el destino teórico.

En la etapa s6, la evaluación de valor métrico de ruta se realiza por el segundo nodo 2 para que un mensaje sea enrutado al cuarto nodo 4.

En la etapa s8, se determina que el hallazgo de la evaluación métrica de ruta de etapa s6 sea que el mensaje debe transmitirse a través del tercer nodo (es decir el nodo de almacenamiento y reenvío prospectivo).

En la etapa s10, el mensaje se transmite desde el segundo nodo 2 al tercer nodo 3.

En la etapa s12, el mensaje se recibe y almacena por el tercer nodo 3.

En la etapa s14, el tercer nodo 3 se mueve desde su primera ubicación 31 a su segunda ubicación 32 posterior.

En la etapa s16, el tercer nodo 3 reenvía (es decir transmite) el mensaje al cuarto nodo 4.

Se debe anotar que ciertas de las etapas de proceso descritas en el diagrama de flujo de la figura 4 y descritas anteriormente pueden omitirse o tales etapas de proceso pueden realizarse en orden diferente al presentado anteriormente y que se muestra en la figura 4. Adicionalmente, aunque todas las etapas de proceso se han descrito, por conveniencia y facilidad de entendimiento, como etapas discretas en secuencia temporal, aun así algunas de las etapas de proceso pueden de hecho realizarse de manera simultánea o al menos superponerse hasta cierto punto temporalmente.

El aparato, para implementar las disposiciones y procesos anteriores como se describe con referencia a las figuras 1-4 puede proporcionarse al configurar o adaptar cualquier aparato adecuado, por ejemplo uno o más ordenadores u otro aparato de procesamiento o procesadores, y/o proporcionando módulos adicionales. El aparato puede comprender un ordenador, una red de ordenadores, o uno o más procesadores, para implementar instrucciones y usar datos, incluyendo instrucciones y datos en la forma de un programa de ordenador o pluralidad de programas de ordenador almacenados en o sobre un medio de almacenamiento legible por máquina tal como memoria de ordenador, un disco de ordenador, ROM, PROM, etc., o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento.

En las realizaciones anteriores, después de que el nodo 3 haya almacenado el mensaje y entonces se haya movido a su segunda posición 32, el nodo 3 entonces transmite el mensaje a través de un enlace (en los ejemplos anteriores el tercer enlace 13 o la segunda implementación del tercer enlace 23-2 de subred) que se conocía aproximadamente

antes del almacenamiento del mensaje y que había formado parte o la totalidad de la base de la razón por la cual el tercer nodo 3 había anunciado esas conexiones como teóricamente disponibles. Sin embargo, este no necesita ser el caso, y en otras realizaciones, el tercer nodo 3 puede, durante o al final del proceso de moverse a la segunda ubicación 32, transmitir en vez el mensaje a algún otro enlace que se haya vuelto inesperadamente disponible durante ese momento.

Más en general, en las realizaciones anteriores, el tercer nodo puede determinar que es momento de reenviar el mensaje usando cualquier método apropiado. Un método apropiado tal a modo de ejemplo es que el nodo puede observar su tabla de enrutamiento (o cualquier otra tabla o artículo de enrutamiento equivalente). En general otras posibilidades podrían ser al usar la información de protocolo de enrutamiento, u otros medios de fuentes tal como planificación.

En las realizaciones anteriores, el proceso descrito se aplica a cualquier tipo de mensaje para ser enrutado. Sin embargo, en otras realizaciones, solo se pueden incluir ciertos tipos de mensajes, por ejemplo solo datos de sensor, por decir algo. En aún realizaciones adicionales, algunos mensajes pueden enrutarse como se describe y otros no, dependiendo de otros factores, por ejemplo una predicción de cuánto tiempo el mensaje necesitará para ser almacenado, o dependiendo del número de nodos disponibles en un rango que sea suficiente cercano para que se considere probable que se formen nodos prácticos en el futuro próximo, y así sucesivamente.

Las realizaciones anteriores se implementan usando el protocolo de OLSRv2. En otras realizaciones se pueden usar otras versiones o adaptaciones de OLSR. Aún realizaciones adicionales pueden implementarse bajo protocolos de enrutamiento de estado de enlace aparte de OLSR, y aún realizaciones adicionales pueden implementarse bajo otros tipos de protocolo de enrutamiento proactivo. En general, las realizaciones pueden implementarse bajo cualquier protocolo de red ad hoc adecuado en el que se anuncian o descubren rutas y enlaces, y en el que se usa alguna forma de valor métrico de enlace o parámetro o parámetros equivalentes para evaluar la ruta de extremo a extremo.

Un aspecto de al menos algunas de las realizaciones anteriores es que la evaluación métrica de enrutamiento tiene en cuenta toda la ruta de extremo a extremo. Esto contrasta, por ejemplo, con el uso de una métrica probabilística como se divulga en Lindgren.

En las realizaciones anteriores, con el fin de que el valor métrico de enlace especial sea uno que dé una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir los mensajes en comparación con los enlaces disponibles convencionalmente que no se derivan de un proceso de almacenamiento y reenvío, el valor es más alto que el de los enlaces disponibles convencionalmente, ya que en el protocolo de OLSRv2 cuanto más alto sea el valor del valor de enlace métrico, menos deseable es el enlace. Por el contrario, en las realizaciones donde se emplea un protocolo en el que los valores más bajos de valor de enlace métrico indican menos deseabilidad del enlace, entonces por supuesto, con el fin de que el valor métrico de enlace especial sea uno que dé una probabilidad de selección reducida como una ruta adecuada para transmitir los mensajes en comparación con los enlaces disponibles convencionalmente que no se derivan de un proceso de almacenamiento y reenvío, el valor métrico de enlace especial será más bajo que el de los enlaces disponibles convencionalmente.

En las realizaciones anteriores la red ad hoc incluye nodos que son UAVs. Sin embargo, otras realizaciones pueden implementarse en otros tipos de red ad hoc, incluyendo, pero no limitados a, redes donde algunos o todos los nodos son otros tipos de vehículos autónomos, redes donde algunos o todos los nodos son vehículos tripulados, incluyendo por ejemplo aeronaves tripuladas, redes donde algunos o todos los nodos son satélites, y redes donde algunos o todos los nodos son personas, por ejemplo soldados o primeros respondedores, incluyendo cualquier mezcla de los ejemplos de tipo nodo precedentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método en una red ad hoc que comprende una pluralidad de nodos distribuidos en dos o más subredes, comprendiendo el método: un nodo que determina que se moverá de una primera subred a una segunda subred; el
 5 nodo, mientras está conectado a una primera subred, que anuncia un destino teórico en una segunda subred a la que el nodo no está conectado actualmente, como parte de una ruta teórica entre la primera y segunda subredes; que se asocia con el destino teórico en la segunda subred, un valor métrico de enlace especial que da una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente entre la primera y segunda subredes en la red ad hoc, empleando la red ad hoc un protocolo de enrutamiento en el que la ruta adecuada se selecciona con base en un valor de una combinación de los valores métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles incluyendo las rutas teóricas de las
 10 cuales se selecciona la ruta adecuada comprendiendo el método además :
- cuando las rutas convencionales no están disponibles determinar que un mensaje de un nodo adicional en la primera subred debe transmitirse a través de la ruta teórica a un segundo nodo adicional en la segunda subred;
 15 recibiendo el nodo el mensaje del nodo adicional cuando el nodo está en una primera ubicación y mientras está conectado a la primera subred;
- almacenando el nodo el mensaje;
 20 moviéndose el nodo desde la primera ubicación a una segunda ubicación para conectarse con la segunda subred de esa manera transformando la ruta teórica en una nueva ruta real; y
- transmitiendo el nodo el mensaje al segundo nodo adicional ya sea directamente o a través de la segunda subred como parte de la nueva ruta real.
 25
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la combinación de los valores métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada comprende una suma de los valores métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada.
 30
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde el valor métrico de enlace especial es de un valor que cualquier ruta general que involucra el destino teórico será una de último recurso.
 35
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el valor métrico de enlace especial es más alto que el de las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la red ad hoc es operada bajo un protocolo de enrutamiento proactivo.
 40
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la red ad hoc es operada bajo un protocolo de enrutamiento de estado de enlace, opcionalmente el protocolo de OLSRv2.
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde algunos o todos los nodos son vehículos no tripulados.
 45
8. Aparato en un nodo de una red ad hoc, comprendiendo la red ad hoc una pluralidad de nodos distribuidos en dos o más subredes, comprendiendo el aparato: medios para determinar que el nodo se moverá de una primera subred a una segunda subred;
 50 medios mientras que están conectados a una primera subred para que el nodo anuncie un destino teórico en una segunda subred a la que el nodo no está enlazado actualmente como parte de una ruta de mensaje teórica entre la primera y segunda subredes;
- medios para asociar con el destino teórico en la segunda subred, un valor métrico de enlace especial que da una probabilidad reducida de selección como una ruta adecuada para transmitir mensajes en comparación con las rutas disponibles convencionalmente entre la primera y segunda subredes en la red ad hoc, empleando la red ad hoc un protocolo de enrutamiento en el que se selecciona la ruta adecuada con base en un valor de una combinación de los
 55 valores métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles incluyendo las rutas teóricas de las cuales se selecciona la ruta adecuada; comprendiendo además el aparato:
- medios para, cuando las rutas convencionales no están disponibles, determinar que un mensaje de un nodo adicional en la primera subred debe transmitirse a través de la ruta teórica a un segundo nodo adicional en la segunda;
 60
 65

medios para que el nodo reciba el mensaje del nodo adicional cuando el nodo está en una primera ubicación y mientras está conectado a la primera subred;

medios para que el nodo almacene el mensaje; y

5 medios para, después de que el nodo se haya movido de la primera ubicación a una segunda ubicación para conectarse con la segunda subred de esa manera transformando la ruta teórica en una nueva ruta real, y el nodo transmita el mensaje a un segundo nodo adicional ya sea directamente o a través de la segunda subred como parte de la nueva ruta real.

10 9. Aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la combinación de los valores métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada comprende una suma de los valores métricos de enlace respectivos de los enlaces incluidos en las rutas disponibles de las cuales se selecciona la ruta adecuada.

15 10. Aparato de acuerdo con la reivindicación 8 o reivindicación 9, en donde el valor métrico de enlace especial es de un valor que cualquier ruta general que involucra el destino teórico será una de último recurso.

20 11. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde el valor métrico de enlace especial es más alto que el de las rutas disponibles convencionalmente en la red ad hoc.

12. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde la red ad hoc es operada bajo el protocolo de OLSRv2.

25 13. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en donde algunos o todos los nodos son vehículos no tripulados.

30 14. Un programa o pluralidad de programas dispuestos de tal manera que cuando se ejecuta por un sistema informático o uno o más procesadores produce que el sistema informático o el uno o más procesadores operen de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

15. Un medio de almacenamiento legible por máquina que almacena un programa o al menos uno de la pluralidad de programas de acuerdo con la reivindicación 14.

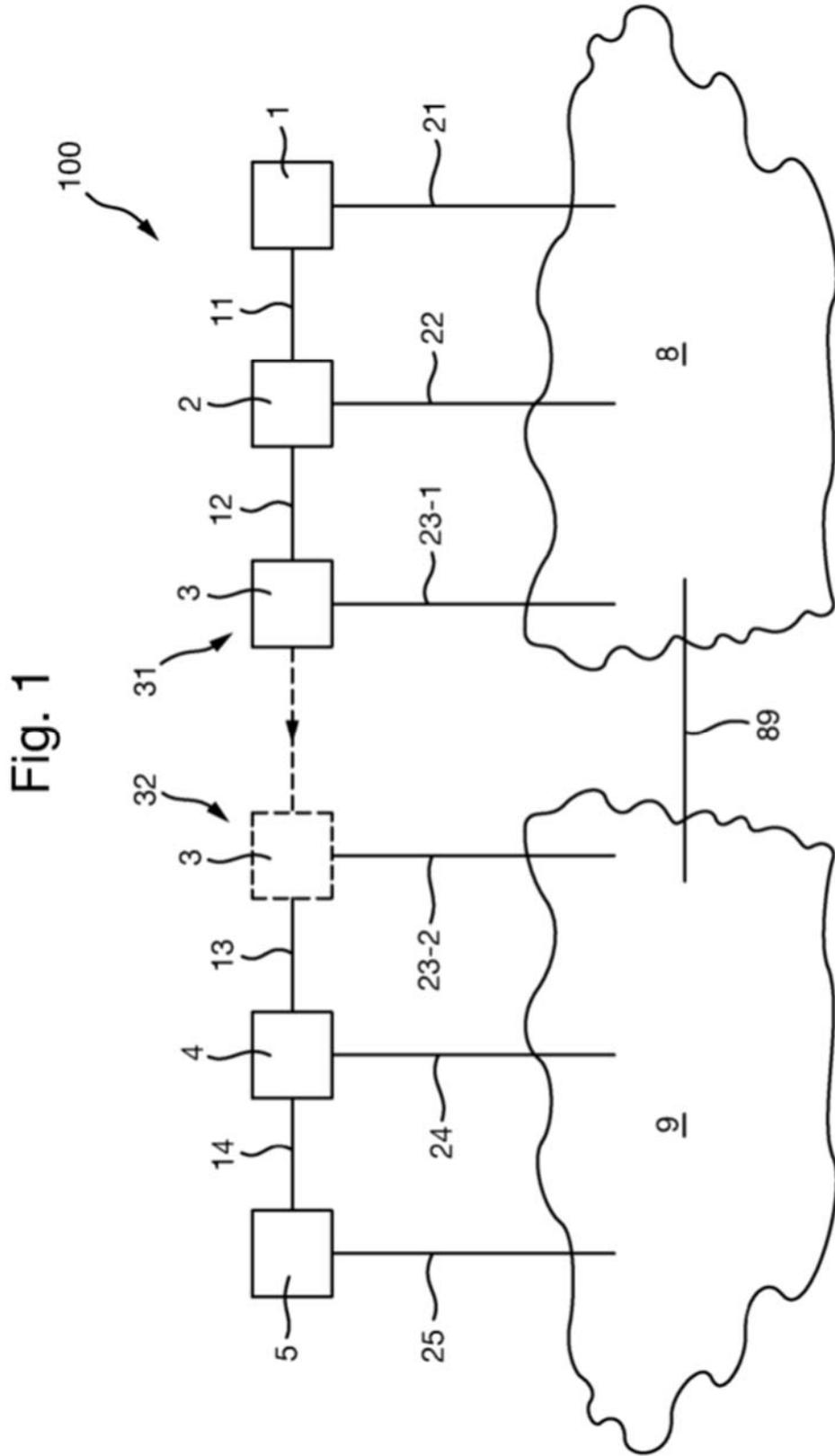


Fig. 2

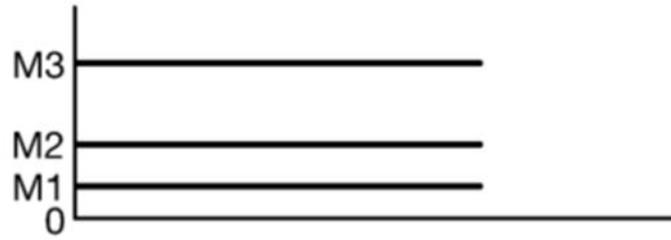


Fig. 3

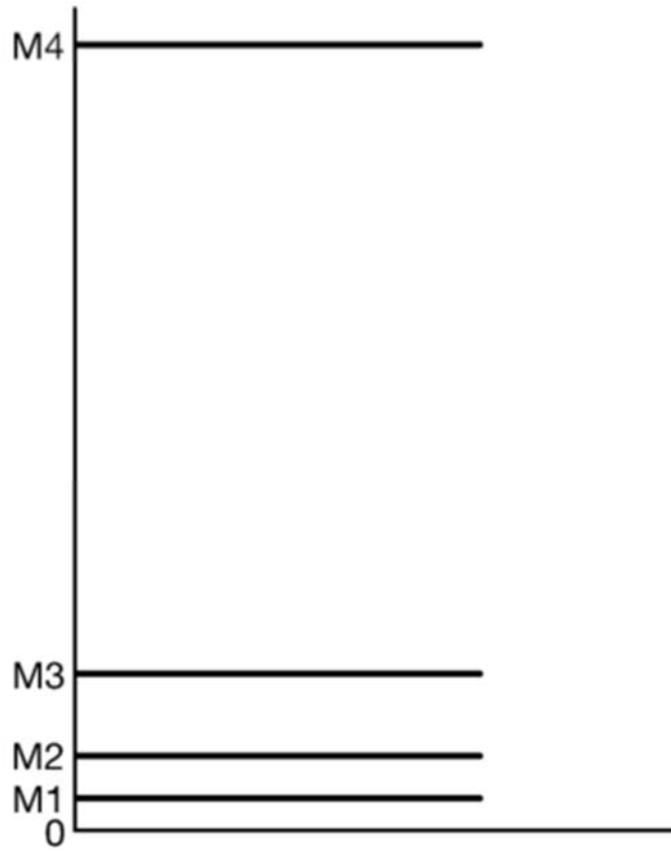


Fig. 4

