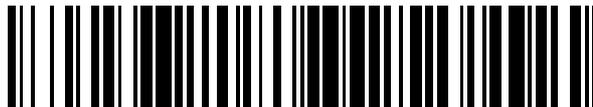


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 994**

51 Int. Cl.:

H04W 72/12 (2009.01)

H04W 80/04 (2009.01)

H04W 72/04 (2009.01)

H04W 16/22 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2011 E 11723019 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2572548**

54 Título: **Método y sistema para la virtualización de redes**

30 Prioridad:

17.05.2010 IT MI20100874

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

25.06.2015

73 Titular/es:

ASSOCIAZIONE CREATE-NET (100.0%)

Via alla Cascata 56/D

38123 Povo (Trento), IT

72 Inventor/es:

RIGGIO, ROBERTO;

MIORANDI, DANIELE;

DORIGUZZI, ROBERTO y

SALVADORI, ELIO

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 538 994 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 sistema para la virtualización de redes

5

Campo de la invención

La invención está relacionada con el campo de la virtualización de redes.

10

Antecedentes de la invención

La virtualización de redes actualmente se puede considerar como uno de los enfoques más prometedores para permitir la innovación en las redes actuales. En términos generales, la virtualización de redes puede ser vista como una herramienta fundamental para varias aplicaciones:

15

- evaluando los nuevos pero no necesariamente las retrasadas arquitecturas de Internet compatibles en entornos realistas a gran escala, lo que ayuda a superar la osificación actual de Internet;

20

- cambiando el modelo a seguir y el negocio funcional de los Proveedores de Servicios de Internet, disociando la provisión de la infraestructura física de la provisión de los recursos de comunicación / computación. De tal manera que permita la introducción de nuevos actores tales como: Proveedores de Infraestructura, Proveedores de Redes Virtuales y Proveedores de Servicios, y con el tiempo mejorar la competitividad en este sector;

25

- permitiendo la introducción tranquila y controlada de nuevos servicios en una red operativa, al proporcionar medios para aislarlos de las aplicaciones ya existentes, promoviendo así la innovación en las redes de telecomunicaciones;

30

- moviendo instancias lógicas de nodos y servicios a través de una infraestructura con el fin de optimizar el rendimiento de la red y minimizar los gastos operativos. A modo de ejemplo, trasladar los servicios cerca de los usuarios puede llevar a una disminución en el consumo de energía de una red física, y por lo tanto, contribuir a una disminución en la huella de carbono de la red.

35

La virtualización de redes incluye métodos y técnicas para compartir con eficacia una infraestructura común de red física, dividiéndola en varias instancias de red lógica (generalmente denominadas como "porciones") compuestas de nodos virtuales ("fragmentos") y de enlaces virtuales [1,2]

40

Las interacciones entre las instancias de red lógicas pueden ser controladas por componentes de software o de hardware apropiados. En comparación con el concepto de "routers lógicos" desarrollados hoy por los vendedores, en la virtualización de redes los nodos virtuales en una porción son totalmente programables para permitir la creación de instancias de una instancia de red en las que nuevas arquitecturas o servicios (potencialmente salen de arquitecturas legadas basadas en IP) pueden ser probados en un entorno controlado antes de ponerlos en producción.

45

Actualmente, las soluciones de virtualización de redes propuestas típicamente se diseñan para redes de cable compuestas de nodos con grandes espacios de potencia de procesamiento y almacenamiento (PlanetLab [3], VINI [4], G-Lab [5], etc). Por otro lado, se han realizado muy pocos estudios sobre los entornos con recursos limitados en general, y en particular de redes inalámbricas multi-salto. Además, se han centrado principalmente en cómo diferentes técnicas de virtualización medianas inalámbricas afectan el desempeño general de porciones de red en términos de aislamiento y la estabilidad [6, 7]. Estas soluciones no son adecuadas para su uso por un Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico (WISP por sus siglas en inglés) que desea permitir la producción durante el tráfico para compartir parte de los recursos de red disponibles con un número variable de porciones donde las soluciones innovadoras se pueden probar en un entorno severamente controlado pero realista. En tal escenario, la producción durante el tráfico se debe asignar en una porción privilegiada donde los recursos de red, como el ancho de banda del canal y el procesamiento de nodo están garantizados, en detrimento de otras porciones que ejecutan pruebas experimentales. La presente invención proporciona una solución para estas necesidades.

50

55

60

Breve descripción de los dibujos:

65

Figura 1: Escenario de implementación simplificada de virtualización de redes.

Figura 2: Configuración de nivel de red: un ejemplo con una porción de producción y una porción experimental que comparten un sustrato físico común.

5 Figura 3a: Diagrama de flujo que ilustra los principios de operación del particionador de ancho de banda.

Figura 3b: Diagrama de flujo que ilustra el procedimiento real de transmisión de paquetes.

10 Figura 4a-4d: Diagrama de flujo que ilustra las etapas del enrutador de software para los paquetes salientes y entrantes.

Figura 5: Representación esquemática de un nodo de red que soporta el esquema de virtualización de redes de esta invención.

15 Figura 6: Realización de tres porciones en un escenario con un deterioro de las condiciones de la calidad del enlace inalámbrico.

20 **Descripción detallada de la invención.**

La virtualización de redes en las redes inalámbricas debe abordar dos cuestiones importantes adicionales:

25 (i) El cómo aislar los recursos inalámbricos que pertenecen a las porciones de red que coexisten y al mismo tiempo garantizar una mínima interferencia entre ellos, y

(ii) El cómo controlar la utilización de recursos inalámbricos para asegurarse de que una porción no infringe los recursos de otra porción.

30 Estos problemas se resuelven por el método de la reivindicación 1 y por el sistema de la reivindicación 12.

Se han propuesto varias técnicas para garantizar el aislamiento de los recursos inalámbricos entre porciones concurrentes [14]:

35 - MDE (Multiplexación por División de Espacio o SDM del inglés Space Division Multiplexing), en donde los nodos inalámbricos físicos se dividen en el espacio, formando sub-redes separadas, minimizando así la interferencia entre las diferentes porciones.

40 - MDF (Multiplexación por División de Frecuencia o FDM del inglés Frequency Division Multiplexing), en donde diferentes porciones se dividen en el dominio de la frecuencia mediante el aprovechamiento de la disponibilidad de múltiples interfaces inalámbricas en cada nodo de red.

45 - MDC (Multiplexación por División de Código o CDM del inglés Code Division Multiplexing), similar a la MDF, pero asigna diferentes códigos a cada porción.

 - MDT (Multiplexación por División de Tiempo o TDM del inglés Time Division Multiplexing), en el que las porciones se particionan en el dominio del tiempo mediante la asignación de un intervalo de tiempo específico para sus necesidades de comunicación.

50 Mientras que los estudios sobre la viabilidad de cada uno de estos enfoques (o combinaciones de los mismos), con sus pros y sus contras han sido ya proporcionados en la literatura [6, 7], tienen el fallo de que no abordan el problema de un aislamiento eficaz entre porciones concurrentes en una red inalámbrica multi-salto a través de un control más fino del uso de recursos inalámbricos y de nodos de la red: la presente invención proporciona técnicas y arquitecturas para lograr esto.

55 En particular, la presente invención consigue un nivel de flexibilidad que ninguna de las técnicas mencionadas anteriormente y que se utilizan de una manera independiente, puede proporcionar. Además, la presente invención se dirige a la provisión de métodos para asegurar que una porción privilegiada (típicamente la que lleva el tráfico de producción) pueda tener los recursos garantizados mientras que las dedicadas a actividades experimentales puedan compartir los restantes recursos de la red (posiblemente variables con el tiempo).

60 En lo sucesivo, se introducen ciertas realizaciones de la invención en relación con un marco de virtualización específicamente adaptado a las redes inalámbricas multi-salto. Este tipo de redes se construyen generalmente utilizando componentes de materias primas y se caracterizan por capacidades de computación bastante limitadas, en comparación con los equipos tradicionales de redes de clase portadora explotados en proyectos
65 tales como FEDERICA [8], AKARI [9] o GENI [10].

La mayoría de las arquitecturas de virtualización de redes ideadas hasta ahora [8, 9, 10] tienen por objeto proporcionar múltiples entornos aislados, donde los experimentos se pueden ejecutar en paralelo a través de redes del mundo real. La presente invención, por otro lado, ofrece a los operadores de redes inalámbricas una solución integral de virtualización donde el tráfico de producción (es decir, el tráfico generado por los usuarios finales), las acciones de parte de los recursos de red disponibles comparten con un número variable de porciones experimentales donde soluciones novedosas, por ejemplo, protocolos de enrutamiento, que se están probando. La figura 1 hace un boceto de una configuración simplificada donde una red, compuesta de tres nodos organizados en una topología de cadena, se está ejecutando en tres porciones distintas: una porción de producción (A), y dos porciones experimentales (B y C). En este escenario, los enlaces son simétricos y su capacidad se supone que es invariante en el tiempo. Por otra parte, los routers de malla están equipados con una única interfaz de radio, sin embargo, la presente invención también es capaz de hacer frente a los vínculos asimétricos con la fluctuación de la capacidad en configuraciones multi-radio / multicanal.

En este escenario simplificado, a la porción de producción A se le asigna el 80% de los recursos en la red, mientras que las dos porciones experimentales comparten igualmente el 20% restante de los recursos. La arquitectura actual prevé un escenario en el de 5 a 10 porciones comparten los recursos generales de la red. Dicha limitación es obligatoria por las limitaciones de computación y de almacenamiento que caracterizan actualmente la utilización de dispositivos de redes inalámbricas multi-salto, pero que podrían ser ampliados en el futuro.

La conformación de tráfico se realiza en cada nodo con el fin de limitar la cantidad de recursos de red utilizados por cada fragmento. En esta configuración simplificada de los recursos que cada fragmento puede explotar son delimitados superiormente por un umbral fijo derivado del objetivo de rendimiento relativo dado durante la fase de planificación. Como resultado, la porción A "ve" un enlace bidireccional de 800 Kb/s entre el nodo 1 y el nodo 2, mientras que el ancho de banda disponible entre el nodo 2 y el nodo 3 es de 1600 Kb/s. En esta configuración parte del ancho de banda voluntariamente se deja sin utilizar. Sin embargo también se admiten escenarios en los que un fragmento porción puede tener acceso completo a todo el ancho de banda disponible.

La figura 2 esboza un posible caso de uso, en una porción de producción explotando una versión estable de un protocolo de enrutamiento que se ejecuta en paralelo con una porción experimental donde se están probando nuevas estrategias de enrutamiento. En este escenario el Bróker de Enlace se utiliza para exponer dos gráficos de conectividad diferentes para las dos porciones de red disponibles (producción y experimentales). Por otro lado, el Particionador del Ancho de Banda se utiliza para redistribuir el ancho de banda disponible del enlace entre las porciones en competencia, es decir el 80% de la capacidad total de la red a la porción producción y el 20% de la capacidad total de la red a la porción experimental. Hay que tener en cuenta que un ancho de banda mínimo, por ejemplo, 1 Mb/s, también se puede asignar a la división de producción.

Arquitectura nivel de nodo.

De aquí en adelante la arquitectura de nodo de la presente invención (ver figura 5) se describe en detalle. La presente invención se basa en una solución de virtualización capaz de proporcionar rendimiento de aislamiento y gestión de recursos, como OpenVZ [12]. Soluciones de virtualización basadas en contenedores son preferidas ya que proporcionan una reducción en los gastos generales y un mejor rendimiento. También proporcionan un buen rendimiento de aislamiento (en términos de ciclos de CPU, consumo de memoria y almacenamiento), porque los procesos que se ejecutan dentro de un contenedor no difieren significativamente de los procesos que se ejecutan en el sistema de alojamiento. El principal inconveniente de las soluciones de virtualización basadas en contenedores es que, debido a que se utiliza un solo núcleo para cada fragmento, no se permiten modificaciones del núcleo.

Debido a la limitación posterior, una forma de realización de la presente invención utiliza una nueva pila de virtualización de red inalámbrica en el espacio de usuario, utilizando un router de software tales como el enrutador modular tipo Clic [13]. Aunque se caracteriza por una sobrecarga mayor en comparación con la aplicación pura a nivel de núcleo, las soluciones basadas en un router de software, como el router modular tipo Click tienen la ventaja de ser altamente personalizables permitiendo eludir las limitaciones de flexibilidad de las soluciones de los típicos contenedores base [14].

El router de software se utiliza tanto dentro de cada fragmento (enrutador de software de huésped) y en el nivel de sistema operativo de huésped (enrutador software de huésped). Más específicamente, la instancia del router de software que se ejecuta dentro de una fragmento proporciona el entorno de huésped con un conjunto de interfaces virtuales (ath0, ath1,..., athN) implementado como dispositivos TAP Linux. Un dispositivo TAP opera en la capa 2 de la pila tradicional de redes ISO/OSI y simula un dispositivo Ethernet.

El proceso de espacio de usuario, que se ejecuta dentro de un fragmento, puede aprovechar las interfaces virtuales para implementar su estrategia de enrutamiento. La comunicación a través de las interfaces virtuales

se puede hacer usando dos diferentes formatos de trama:

- Cabeceras 802.3 (Ethernet). Se utilizan para exponer una interfaz Ethernet estándar.

5 • Cabeceras 802.11. Se utilizan para exponer una interfaz inalámbrica prima. En este caso, las aplicaciones de espacio de usuario deben encapsular adecuadamente su tráfico utilizando el formato de cabecera radiotap. El formato de cabecera radiotap es un mecanismo para proporcionar información adicional de alrededor de 802.11 tramas, desde el controlador de aplicaciones de espacio de usuario, y desde una aplicación de espacio de usuario hacia el controlador para la transmisión.

10 En cualquier situación, el tráfico saliente se encapsula por el proceso del router de software huésped y se envía al proceso del router de software huésped a través de la interfaz eth0 virtual proporcionada por el contenedor virtual. En el caso de que la aplicación de espacio de usuario ya está utilizando la cabecera radiotap, no se realiza una encapsulación adicional por el proceso de clic huésped y la trama se suministra sin cambios al sistema operativo huésped. El proceso de router de software huésped recibe la trama entrante y la envía al dispositivo adecuado de acuerdo con un conjunto de políticas que mantiene el Bróker de Enlace y el Particionamiento de Ancho de Banda.

20 El Bróker de Enlace es un módulo de software que puede exponer diferentes gráficos de conectividad a las distintas fragmentos sin necesidad de que los nodos deban estar separados físicamente (es decir, en un radio fuera del alcance). Los gráficos de conectividad se definen en función de cada porción de lo que nos permite definir una topología diferente para cada porción. Esto es particularmente útil para probar nuevas estrategias de enrutamiento en un subconjunto de los nodos. Por otra parte, si los routers inalámbricos están equipados con múltiples interfaces de radio, es posible crear múltiples porciones (cuya cardinalidad es igual al número de interfaces de radio) que funcionan en las bandas de frecuencias ortogonales, implementando así una solución de virtualización de red inalámbrica MDF. También se provén soluciones híbridas, donde sólo un subconjunto de las fragmentos opera en frecuencias ortogonales. Aunque los gráficos de conectividad de red se definen en el tiempo de implementación, se pueden cambiar durante las operaciones de la red con el fin de crear escenarios de conectividad que simulan diferentes condiciones de funcionamiento (por ejemplo, fallos/cortes de enlace).

Estimación de la capacidad de enlace.

35 Debido a la utilización de un medio compartido, la estimación de la capacidad de un enlace inalámbrico no es un asunto trivial. La interferencia proveniente de fuentes externas, los cambios en las características de propagación o interferencia de la misma señal que viaja a lo largo de diferentes caminos hacen que la capacidad total del enlace fluctúe con el tiempo. Incluso si limitamos nuestra atención en las comunicaciones realizadas mediante la instalación de estándares IEEE 802.11, un estimador ideal de la capacidad del enlace de un punto de acceso a una de las estaciones genéricos deben tener en cuenta tanto la trama de datos SNR (medida en la estación receptora) y la trama ACK (AKCnowledged of Confirmado Positivo) SNR (medida en el punto de acceso).

45 Tal nivel de precisión es difícil de conseguir sin la introducción de señalización adicional y/o modificar los estándares IEEE 802.11 de operaciones MAC (Media Access Control o Control de Acceso al Medio).

50 En una realización, la presente invención utiliza una forma indirecta para evaluar la capacidad total de un vínculo basado en las funcionalidades relacionadas con la adaptación de velocidad de transmisión que ya están disponibles en los dispositivos actuales IEEE 802.11. En particular, el algoritmo recoge estadísticas de todos los paquetes que han sido transmitidos.

Aislamiento suave del rendimiento

55 El aislamiento suave del rendimiento entre fragmentos se proporciona a través de un programador (tal como Hierarchical Token Bucket (HTB), respaldado por los núcleos de Linux 2.6.x [15]), que puede poner en práctica las políticas precisas para la conformación de tráfico. El HTB organiza clases de tráfico en una estructura de árbol; a cada clase se le asigna una tasa media (velocidad) y una tasa máxima (ceil). Existen tres tipos de clases: raíz, interior y hoja. Una clase tipo raíz corresponde a un enlace físico; su ancho de banda es la que actualmente está disponible para la transmisión. Una clase tipo hoja, colocada en la parte inferior de la jerarquía, corresponde a un determinado tipo de tráfico (por ejemplo, TCP controlado o VoIP, etc.). Se mantienen dos fichas autenticadoras internas para cada clase. Las clases que no han superado su tasa incondicionalmente pueden transmitir; las clases que han excedido su velocidad permitida, pero no su límite superior (ceil) pueden transmitir únicamente si obtienen prestado de banda no utilizado, si los hay disponible, de otras clases. Con el fin de obtener prestado ancho de banda, la solicitud se propaga hacia la parte superior del árbol. Una petición que supere el límite ceil se liquida. Una petición que satisfaga la tasa permitida es

aceptada. Una solicitud que no satisfaga la restricción de velocidad permitida pero el ceil se propaga hacia la parte superior hasta que se complete el procedimiento.

5 Debido a la naturaleza estocástica de la capacidad de los enlaces inalámbricos, un programador HTB por sí solo no es capaz de ofrecer equidad en el rendimiento entre los flujos de tráfico compitiendo en las redes inalámbricas. A fin de abordar este problema en la presente invención se introduce un particionador de ancho de banda.

10 Este componente de Particionador de Ancho de Banda de explota estadísticas de canal locales, recogidos a través del controlador de la Tarjeta de Interfaz de Red Inalámbrica (WNIC del inglés Wireless Network Internet Controller), para estimar el ancho de banda de enlace disponible en la actualidad y para dividir el ancho de banda entre los diferentes fragmentos sobre la base de un conjunto de políticas predefinidas. Esta información entonces se pasa al Bróker de Recursos que los combina con un conjunto de políticas definidas por el usuario con el fin de generar una plantilla de configuración para el planificador, es decir, el planificador HTB. El Bróker de recursos puede ser implementado en forma de software o hardware en funcionamiento dentro de cada router inalámbrico y actualiza periódicamente la configuración del planificador con el fin de reflejar la capacidad del canal real. La configuración del planificador también se actualiza si bien un nuevo segmento se implementa en la red o si las políticas han cambiado.

20 De aquí en adelante se detallan las diversas aplicaciones de la partición de ancho de banda y la tasa de adaptación de la presente invención.

25 La figura 3A es un diagrama de flujo que ilustra los pasos de la operación del particionador de ancho de banda (128 en la figura 5). Haciendo referencia a la figura 3A, se muestra un diagrama de flujo *210*. Después de la etapa inicial, en el paso *212*, el proceso de monitor de canal puede leer las estadísticas de canales inalámbricos de la NIC (del inglés Network Interface Controller o Tarjeta de Interface de Red) inalámbrica 124 en la figura 5 y, en el paso *216*, puede actualizar el ancho de banda para ser asignado a cada clase del planificador de enlace 122 en la figura 5 sobre la base de políticas predefinidas 130 en la figura 5. Después del paso *216*, el proceso en el diagrama de flujo *210* puede proceder a poner fin a paso. El proceso *210* se puede repetir cada vez o en un periodo de tiempo fijo o variable.

35 La figura 3B es un diagrama de flujo que ilustra las etapas en la transmisión de paquetes de acuerdo con una realización de la invención. Haciendo referencia a la figura 3B, se muestra un diagrama de flujo *220*. Después de la etapa de inicio, en el paso *222*, cuando un paquete de transmisión desde un nodo virtual entra en la cola de transmisión, en el paso *224*, puede ser asignado a un planificador de enlace de clase en enlace vinculado a un nodo virtual de envío. Dependiendo del ancho de banda asignado a la clase de proceso *210*, en el paso *226* el paquete puede ser enviado a la NIC inalámbrica 124 en la figura 5 y finalmente a la red en el paso *228*. Después del paso *228*, el proceso en el diagrama de flujo *220* puede proceder a poner fin al paso.

40 La figura 4A es un diagrama de flujo que ilustra los pasos del Router de Software 138 en la figura 5 para el tráfico saliente. Haciendo referencia a la figura 4A, se muestra un diagrama de flujo *310*. Tras la etapa de inicio *312*, el router de software espera tramas de datos salientes que llegan de la capa de red. Se leen entonces las tramas que provienen leen desde la interfaz de entrada athN (*140*). Si la interfaz se configura en modo raw, entonces las tramas salientes se encapsulan en una cabecera de Ethernet II (326) y luego se envían a la interfaz (328) eth0 (140). Si la interfaz no está configurada en modo raw, el router de software selecciona la velocidad de transmisión y el esquema de modulación (316), selecciona la potencia de transmisión (318), decidir si el procedimiento de RTS/CTS debe ser utilizado (320), encapsula la trama en una cabecera 802.11 (324) y luego en una Cabecera Radiotap (326) y entrega la trama resultante al bloque 326.

50 La figura 4B es un diagrama de flujo que ilustra los pasos del Router de Software 138 en la figura 5 para el tráfico entrante. Haciendo referencia a la figura 4B, se muestra un diagrama de flujo *330*. Tras la etapa de inicio *332*, el router de software espera la trama de datos de entrada que llega desde la interfaz eth0 (332). El router entonces desencapsula la trama de la cabecera Ethernet II (324), y comprueba si la trama está dañada (326). El router software lee la dirección de los destinos de la trama. Si la interfaz a la que se dirige esta trama se configura en modo raw, la trama se envía a la interfaz athN adecuada (348). De lo contrario, el router de software procesa la información de realimentación de transmisión (338), descarta tramas que sean de datos (340), desencapsula la trama de la cabecera radio tap (342) y de la cabecera 802.11 (344). El marco resultante es el enviado para bloquear 348.

60 La figura 4C es un diagrama de flujo que ilustra los pasos del Router de Software 132 en la figura 5 para el tráfico saliente. Haciendo referencia a la figura 3C, se muestra un diagrama de flujo *350*. Tras la etapa de inicio *352*, el router de software recibe tramas salientes (352) de la interfaz tapN (136 en la figura 5). El router de software lee entonces la fuente (SA) y las direcciones de destino (DA) de la cabecera Ethernet II (354) y desencapsula la trama marco de la cabecera Ethernet II (356). El router de software consulta el bróker de enlace (134 en la figura 1) para el enlace que va de DA a SA. Si el enlace está disponible en el bróker de

enlace caché, entonces la trama se envía a la interfaz adecuada (362); de lo contrario el enlace se deja caer silenciosamente y no se toman medidas adicionales (358).

5 La figura 4D es un diagrama de flujo que ilustra los pasos del Router de Software 132 en la figura 5 para el tráfico entrante. Haciendo referencia a la figura 4D, se muestra un diagrama de flujo *370*. Después de la etapa de inicio *372*, el software recibe la trama entrante (372) desde la interfaz de ath (144). El router de software lee entonces las direcciones de fuente (SA) y de destino (DA) de la trama. El router de software consulta el bróker de enlace (134 en la figura 5) para el enlace que va de DA a SA. Si el enlace está disponible el bróker de enlace caché, entonces la trama se encapsula en un encabezado de Ethernet II (378), y es
10 enviada a la interfaz adecuada (380); de lo contrario el enlace se deja caer silenciosamente y no se toman medidas adicionales (376).

15 Con el fin de demostrar la eficacia de esta invención en la preservación de tráfico de producción en condiciones difíciles, se ha creado el siguiente escenario experimental: dos nodos inalámbricos, cada uno haciendo funcionar tres fragmentos, comparten el mismo enlace inalámbrico. Los cambios en la calidad del enlace se emulan desplazando progresivamente los dos nodos separados con el fin de simular el deterioro de las condiciones de calidad de canal. Se genera un flujo continuo UDP entre los dos nodos; su tasa es tal que el enlace inalámbrico siempre está saturado.

20 Se definen dos porciones privilegiadas (#1 y #2). Ambas porciones tienen una prioridad de transmisión más alta que los terceros fragmentos y un ancho de banda de salida mínimo garantizado establecido en 5 y 3 Mb/s respectivamente. La tercera porción no tiene ancho de banda garantizado (esto simula un WISP tener porción #1 para el tráfico de producción y las porciones restantes #2 y #3, respectivamente, para probar un servicio novedoso de video en tiempo real (streaming) y de la gestión y monitoreo de red). Los resultados representados gráficamente en la figura 6 muestran las cifras de rendimiento por cortes en diferentes
25 condiciones disponibles de capacidad del enlace inalámbrico. Como se puede observar, esta invención garantiza que los caudales de la porción #1 y #2 sólo se vean afectados ligeramente por las condiciones de enlace inalámbrico con detrimento de la porción #3, resolviendo de esta manera el problema de la virtualización efectiva en entornos multi-salto inalámbricos.

30

Referencias

- 35 1.1. N. M. K. Chowdhury and R. Boutaba, "Network Virtualization: State of the Art and Research Challenges," IEEE Communications Magazine, July 2009.
2.2. "Technical Document on Overview Wireless, Mobile and Sensor Networks," The GENI Project Office, Tech. Rep. GDD-06-14, 2006.
3.3. Planet Lab project, <http://www.planet-lab.org>.
4.4. VINI project, <http://www.vini-veritas.net>.
40 5.5. German-Lab project, <http://www.german-lab.de/>.
6.6. G. Smith, A. Chaturvedi, A. Mishra, and S. Banerjee, "Wireless Virtualization on Commodity 802.11 Hardware," in Proc. of ACM WinTECH, Montreal, Quebec, Canada, 2007.
7.7. R. Mahindra, G. Bhanage, G. Hadjichristo, I. Seskar, D. Raychaudhuri, and Y. Zhang, "Space Versus Time Separation for wireless virtualization On an Indoor Grid," in Proc. of EURO NGI, Krakow, Poland, 2008.
45 8.8. FEDERICA project, <http://www.fp7-federica.eu>.
9.9. AKARI project, <http://akari-project.nict.go.jp>.
10.10. GENI project, <http://www.geni.net>.
11.11. Linux Wireless, <http://linuxwireless.org/>.
12.12. OpenVZ, <http://openvz.org/>.
50 13.13. E. Kohler, R. Morris, B. Chen, J. Jannotti, and M. F. Kaashoek, "The Click modular router," ACM Transaction on Computer System, vol. 18, no. 3, pp. 263 - 297, Aug. 2000.
14.14. A. Nakao, R. Ozaki, and Y. Nishida, "Corelab: An emerging network testbed employing hosted virtual machine monitor," in Proc. of ACM ROADS, Madrid, Spain, 2008.
55 15.15. HTB Scheduler for Linux, <http://luxik.cdi.cz/~devik/qos/htb/>

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para proporcionar una virtualización de redes inalámbricas que comprende:
- utilizar un particionador de ancho de banda (128) para la distribución del ancho de banda disponible entre los nodos virtuales
 - utilizar un router de software (138) para proporcionar cada nodo virtual con un conjunto de interfaces virtuales, implementado como dispositivos TAP,
- 10 caracterizado porque el router de software huésped (138) procesa al recibir una trama entrante y la envía al dispositivo adecuado de acuerdo con un conjunto de políticas mantenidas por un Bróker de Enlace (134) y por el particionador del ancho de banda (128), de modo que el módulo del Bróker de Enlace (134) adaptativamente proporciona un aislamiento completo de radio entre porciones de red que coexisten en la misma infraestructura física y tramas de datos se envían al nodo virtual adecuado.
- 15 2. El método de la reivindicación 1 en el que las tramas de datos se envían también desde de dicho nodo virtual a la interfaz adecuada en la infraestructura física.
- 20 3. El método de la reivindicación 2, en el que la red es una red multi-salto.
4. El método de la reivindicación 3, en donde el particionador de del ancho de banda (128) adquiere estadísticas de los canales inalámbricos de la NIC inalámbrica y actualiza el ancho de banda asignado a cada clase del Bróker de Enlace (134).
- 25 5. El método de la reivindicación 4 en donde la transmisión de paquetes se asigna a una clase del enlace planificador vinculado a un nodo virtual en función del ancho de banda asignado por dicho particionador de ancho de banda (128).
- 30 6. El método de la reivindicación 5 en donde un router de software adicional (138) selecciona la velocidad de transmisión, el esquema de modulación, la potencia de transmisión y el uso de procedimiento RTS/CTS para entregar la trama de datos.
- 35 7. El método de la reivindicación 6 en donde dicho módulo del Bróker de Enlace (134) define además diferentes gráficos de conectividad para diferentes porciones de red sobre la base de políticas de pre definidas.
8. El método de la reivindicación 7 en donde los nodos de dichos gráficos de conectividad para diferentes porciones de red no están separados físicamente.
- 40 9. El método de la reivindicación 8 en donde la distribución del ancho de banda disponible entre los nodos virtuales se realiza de acuerdo con las condiciones actuales del canal inalámbrico y un conjunto de políticas definidas por el usuario.
- 45 10. El método de la reivindicación 9 en donde dicho protocolo TAP impulsa el adaptador físico subyacente en caso de que un dispositivo estándar IEEE 802.11, que funciona ya sea en modo Estación o en modo Maestro, sea expuesto a uno o más invitados del sistema operativo.
- 50 11. Un medio de almacenamiento legible por ordenador para almacenar en el mismo instrucciones legibles para ejecutar las etapas de cualquiera de los métodos de las reivindicaciones 1-10, cuando se ejecuta en un ordenador.
- 55 12. Un sistema para proporcionar una virtualización de la red inalámbrica de acuerdo con el método de la reivindicación 1 que comprende:
- un particionador de ancho de banda (128) para la distribución de ancho de banda disponible entre los nodos virtuales
 - un router de software (138) para proporcionar cada nodo virtual con un conjunto de interfaces virtuales, implementado como dispositivos TAP,
- 60 caracterizado porque comprende además un Bróker de Enlace (134) para adaptativamente proporcionar completo aislamiento de radio entre las porciones de red coexistentes en la misma infraestructura física.
- 65 13. El sistema de la reivindicación 12 en donde el particionador de ancho de banda (128) adquiere estadísticas del canal inalámbrico desde la NIC inalámbrica y actualiza el ancho de banda asignado a cada clase del Bróker de Enlace (134) la transmisión de paquetes se asigna a una clase de enlace planificador vinculado a un nodo

virtual dependiendo del ancho de banda asignado por dicho particionador de ancho de banda (128)

un router selecciona la velocidad de transmisión, el esquema de modulación, la potencia de transmisión y el uso del procedimiento de RTS/CTS para entregar la trama de datos.

5 14. El sistema de la reivindicación 13 en el que dicho Bróker de Enlace (134) define además diferentes gráficos de conectividad para diferentes porciones de red sobre la base de políticas de pre definidas.

10 15. El sistema de la reivindicación 14 en el que la distribución de ancho de banda disponible entre los nodos virtuales se realiza de acuerdo con las condiciones actuales del canal inalámbrico y un conjunto de políticas definidas por el usuario y en el que dicho protocolo TAP impulsa el adaptador físico subyacente en el caso de que un dispositivo estándar IEEE 802.11, que funciona ya sea en modo Estación o en modo Maestro, sea expuesto a uno o más invitados del sistema operativo.

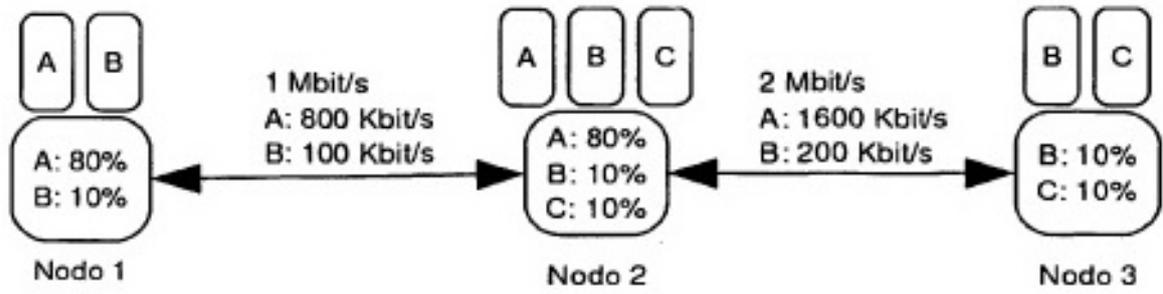


Fig. 1: Escenario de implementación simplificada de virtualización de redes

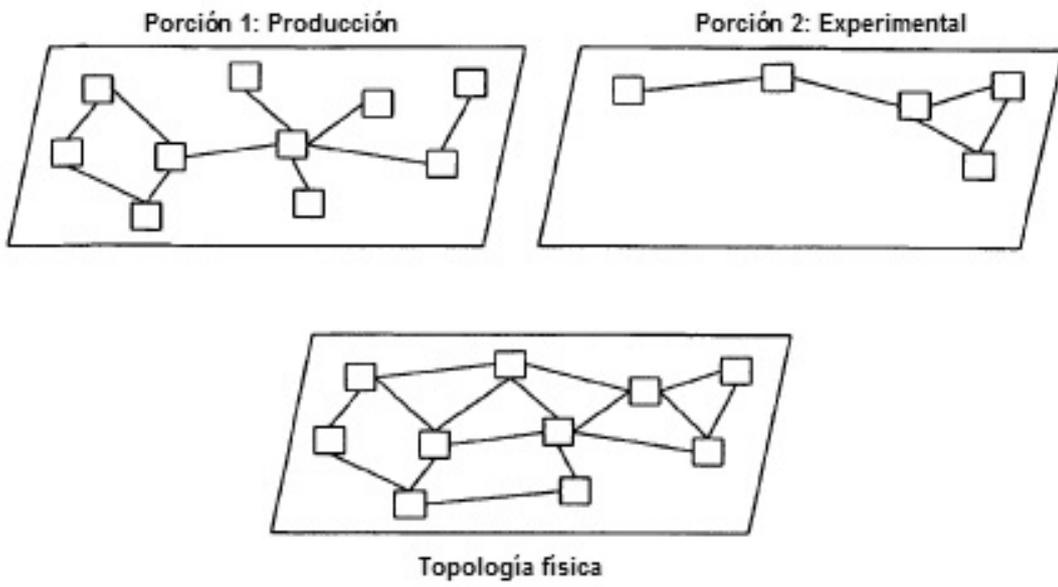


Fig. 2: Configuración de nivel de red: un ejemplo con una porción de producción y una porción experimental que comparten un sustrato físico común.

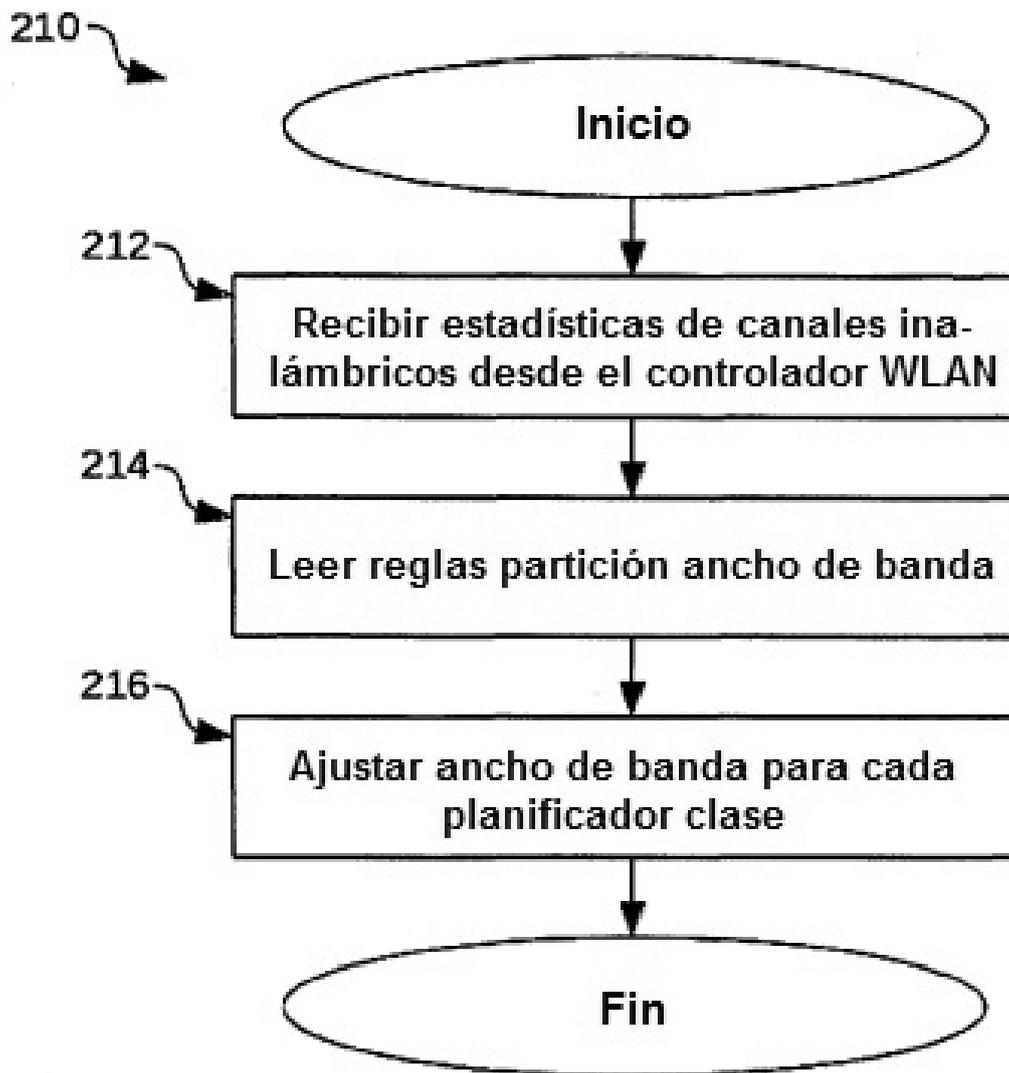


Fig. 3a: Diagrama de flujo que ilustra los principios de operación del particionador de ancho de banda.

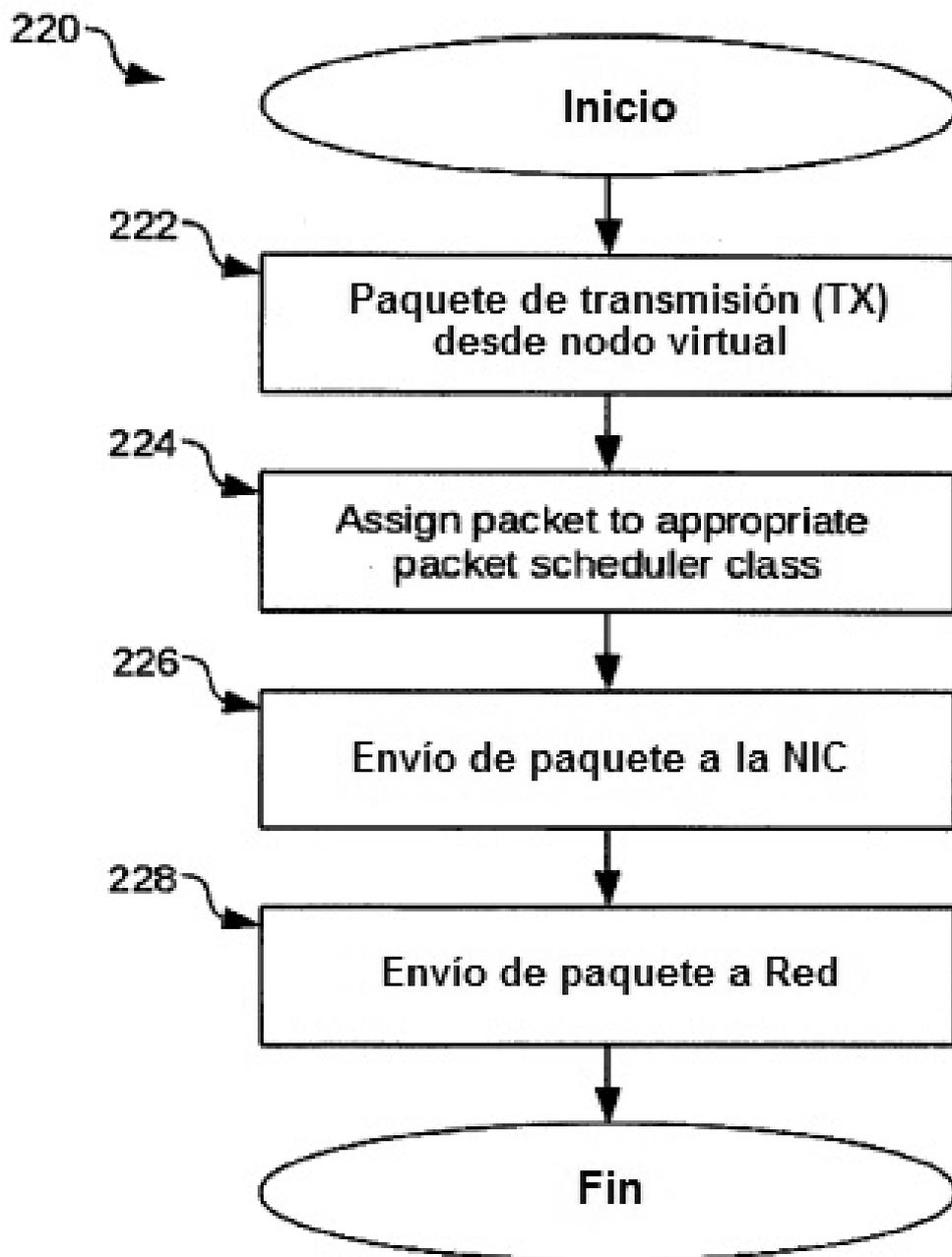


Fig. 3b: Diagrama de flujo que ilustra procedimiento actual de transmisión de paquetes

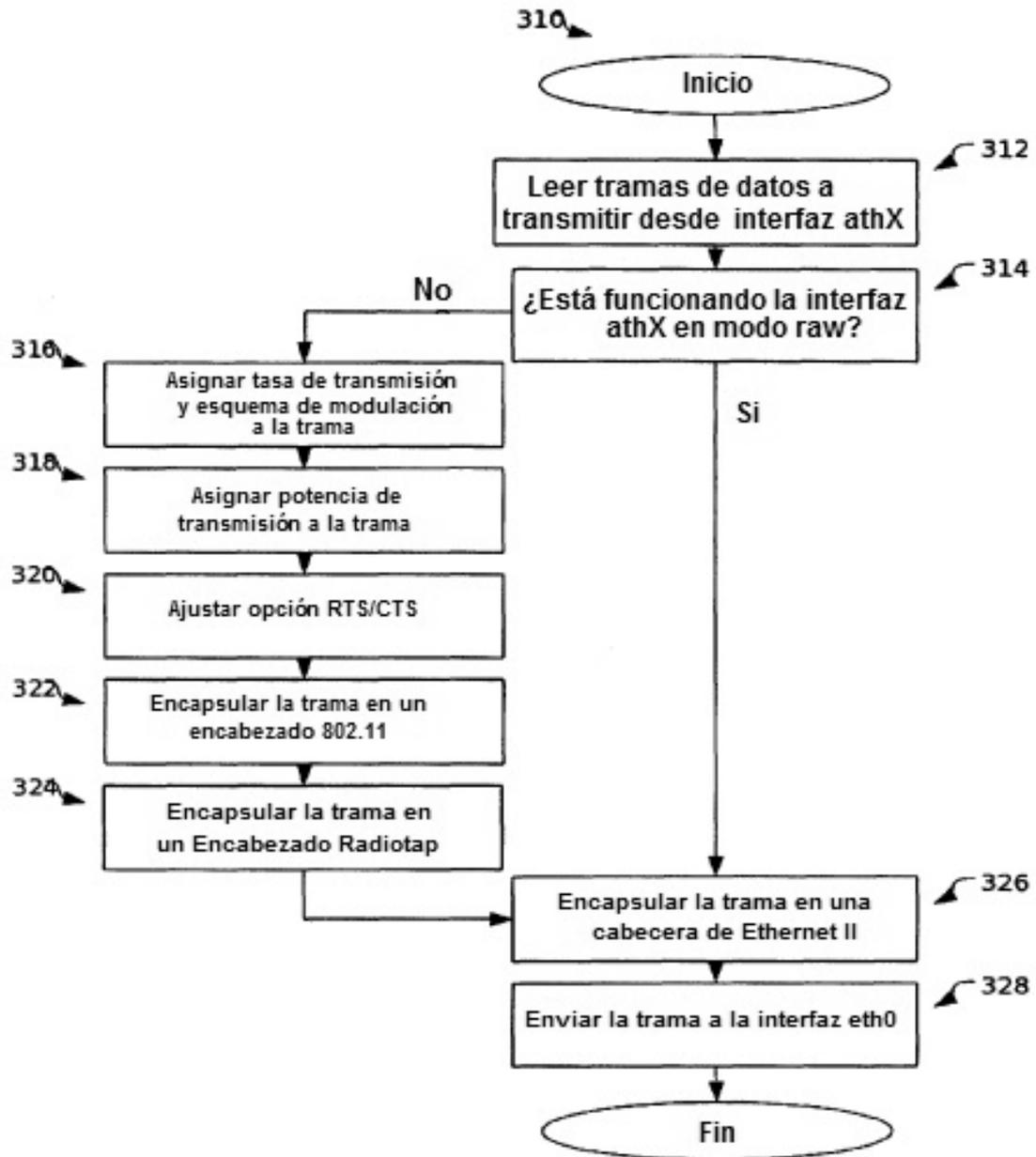


Fig. 4a: Diagrama de flujo que ilustra los pasos del router de software (138) para paquetes salientes

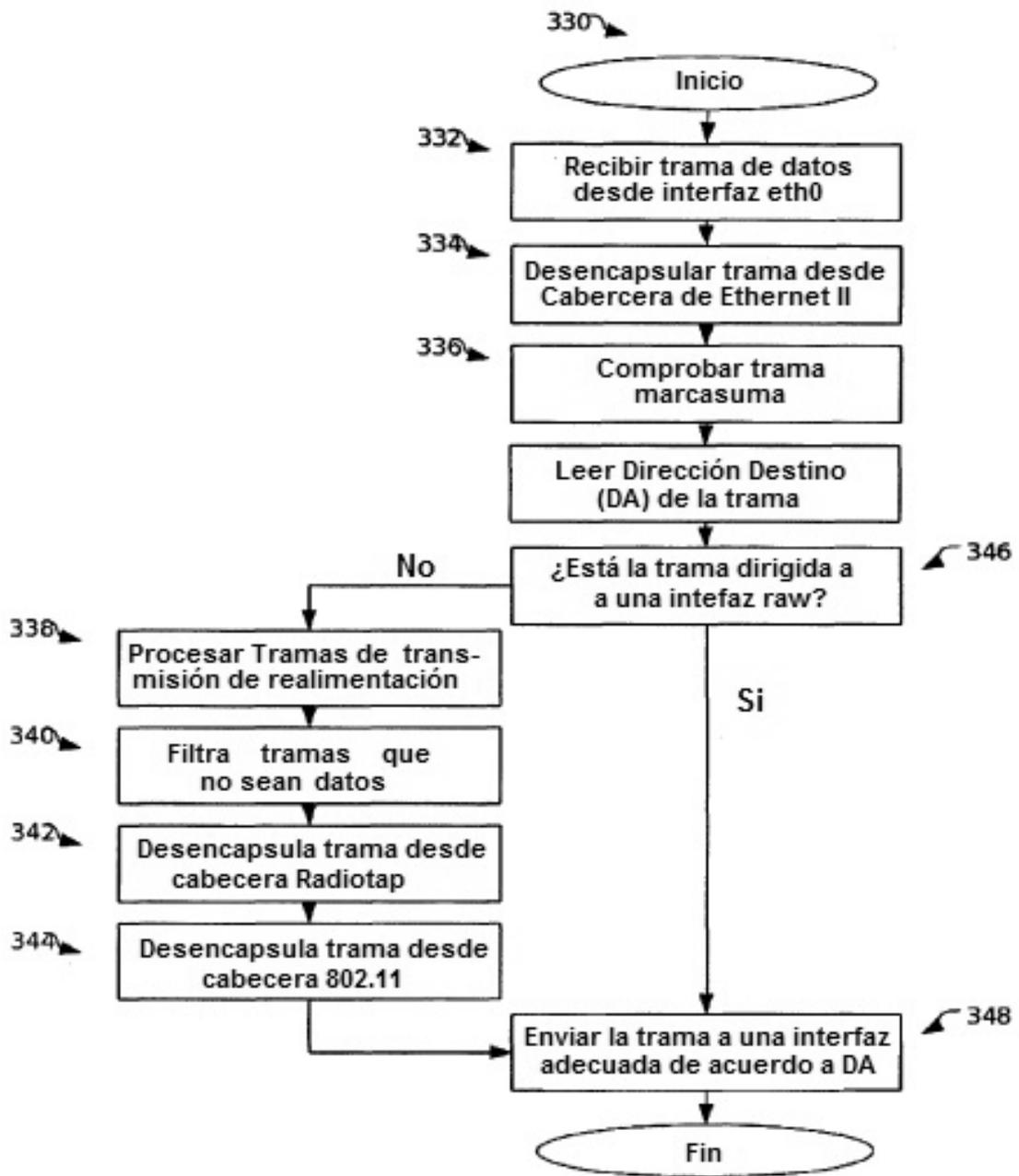


Fig. 4.b: Diagrama de flujo que ilustra los pasos del router de software (138) paquetes entrantes.

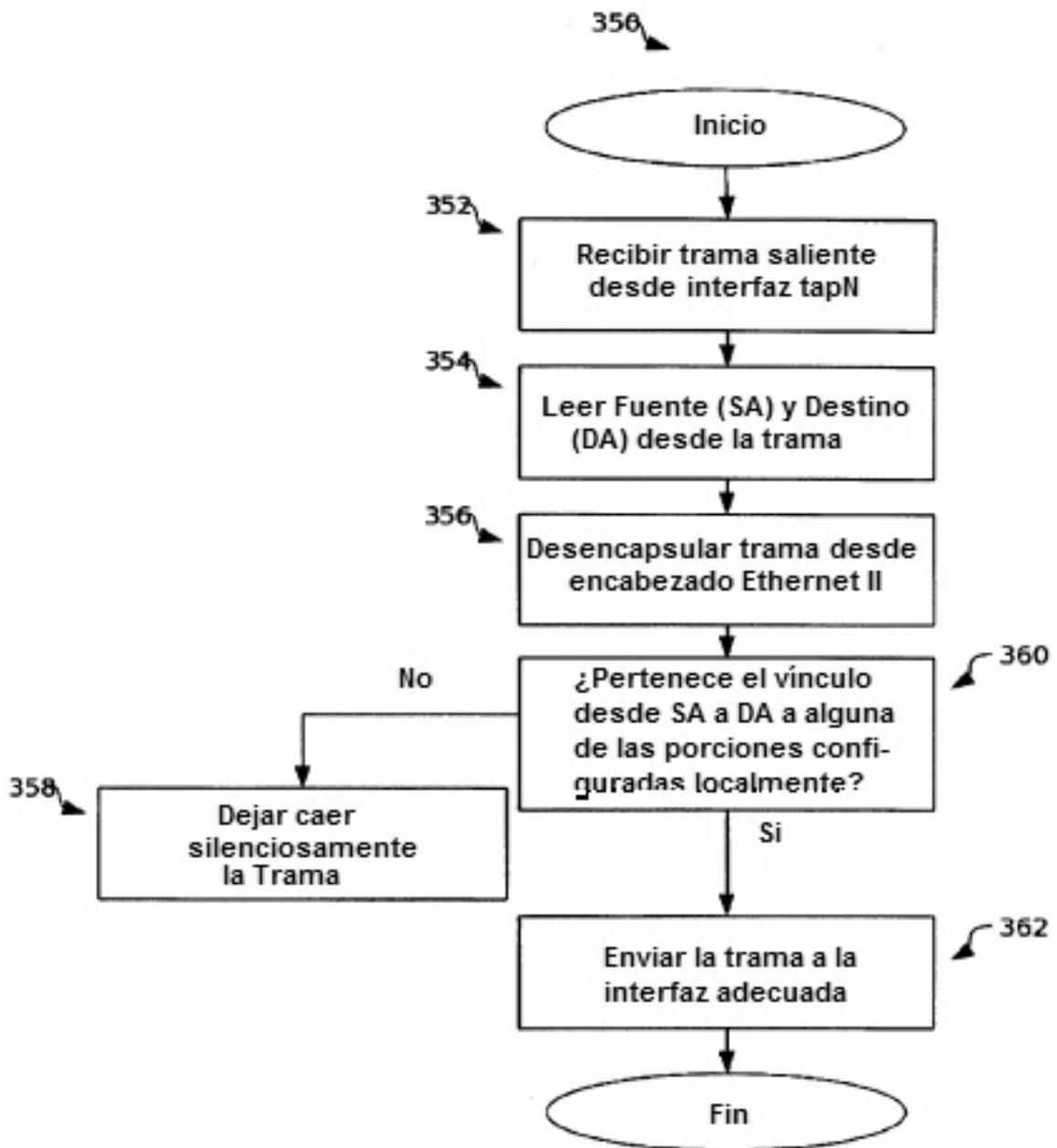


Fig. 4c: Diagrama de flujo que ilustra los pasos del router (132) de software para los paquetes salientes.

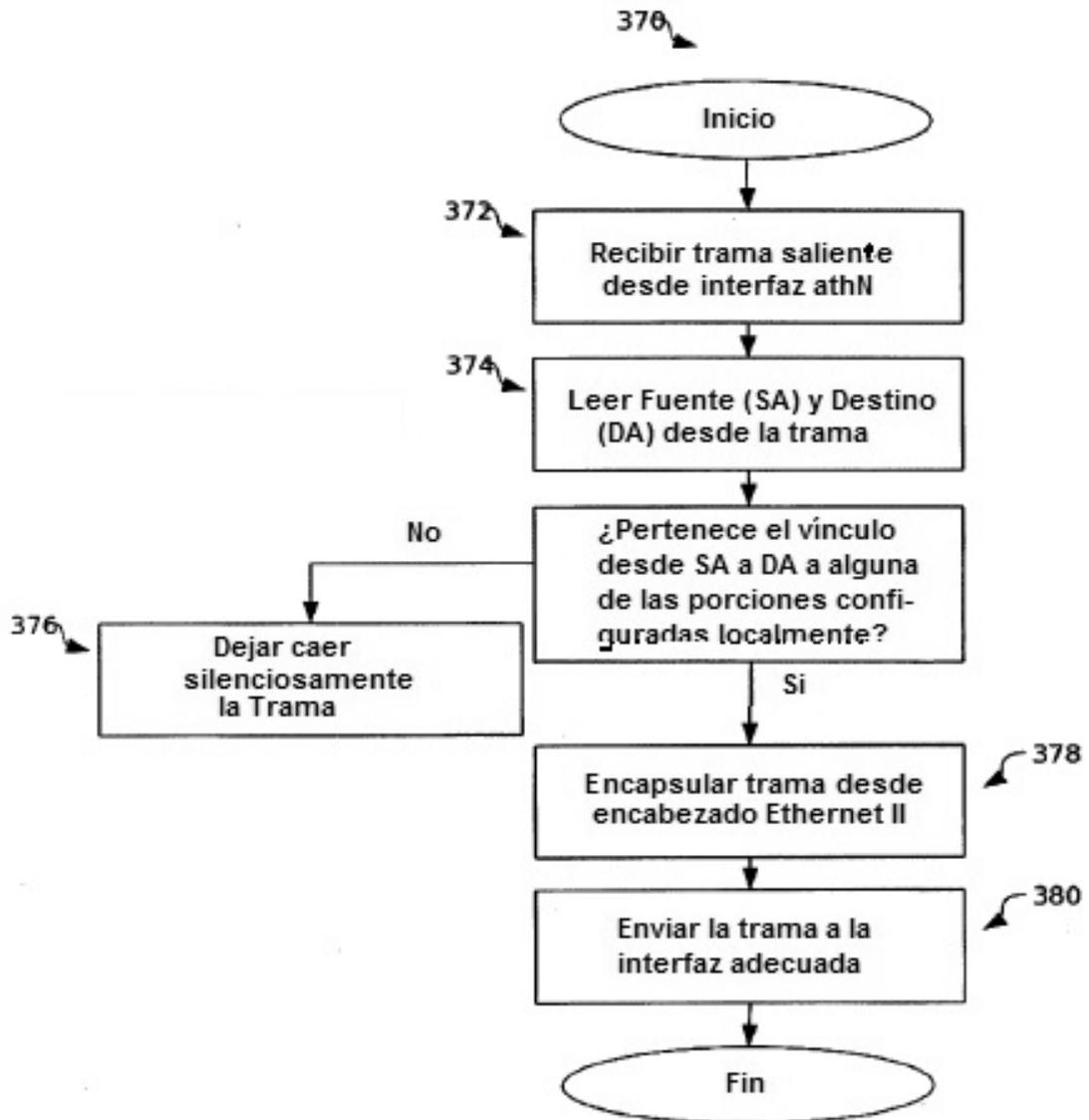


Fig. 4d: Diagrama de flujo que ilustra los pasos del router de software (132) paquetes entrantes.

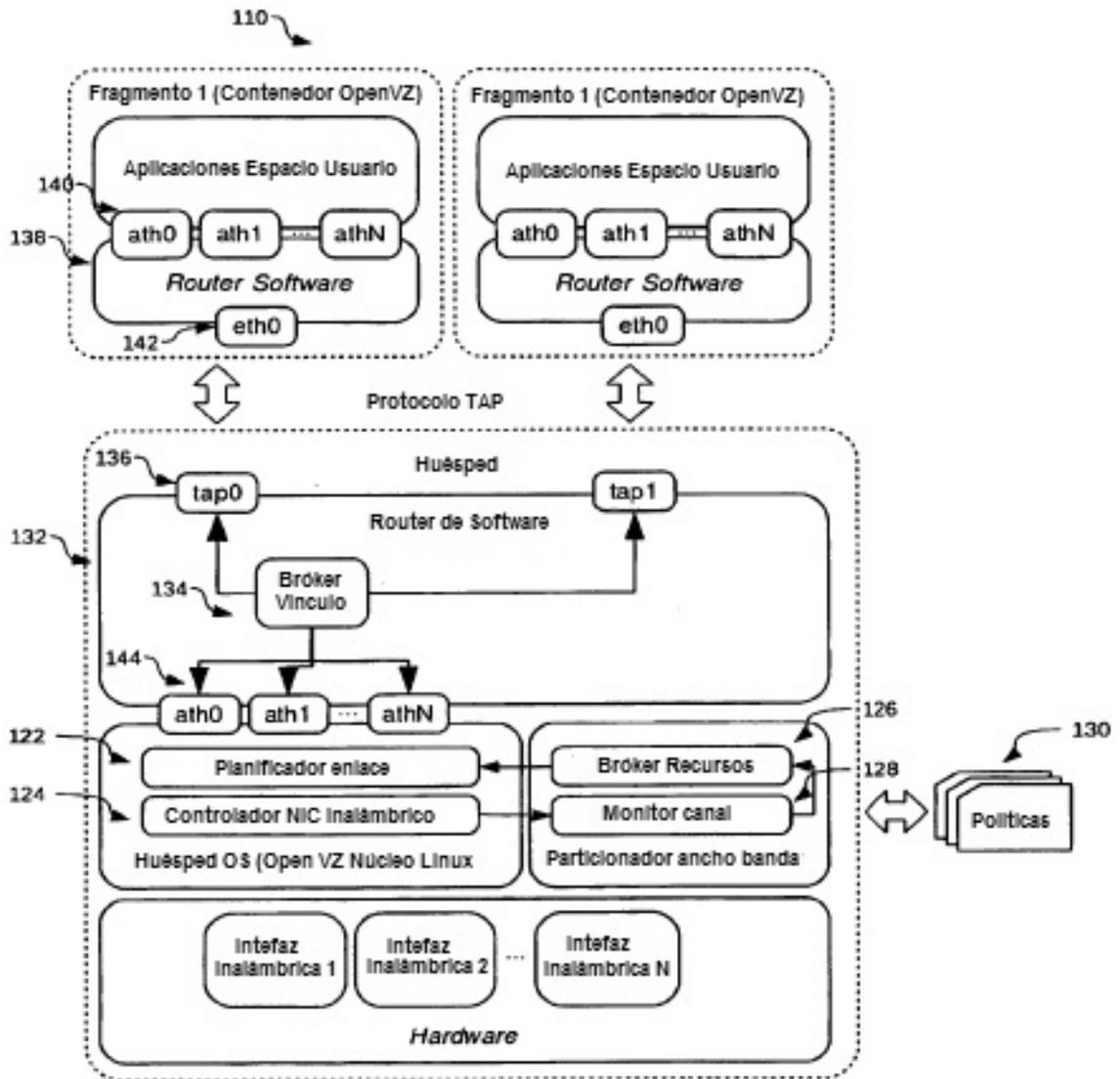


Fig. 5: Representación esquemática de un nodo de red que soporta el esquema de virtualización de redes de esta invención

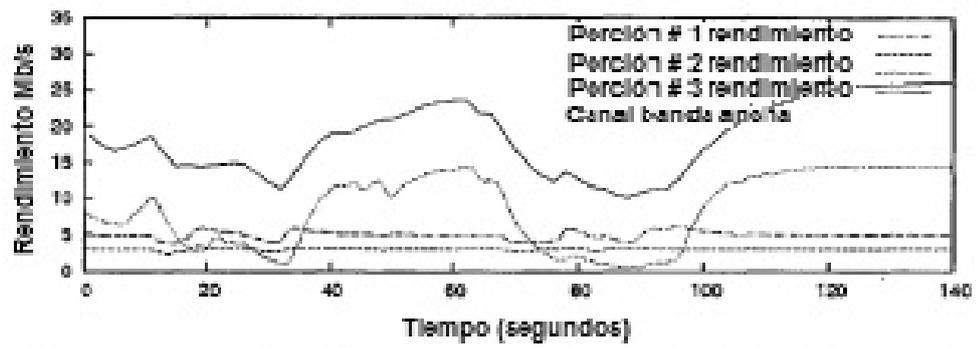


Fig. 6: Desempeño relativo de tres porciones en un escenario caracterizado por el deterioro de la calidad de las condiciones del vínculo inalámbrico