

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 727**

51 Int. Cl.:

H04W 4/021 (2008.01)

H04W 4/029 (2008.01)

H04W 36/08 (2009.01)

H04W 36/30 (2009.01)

H04W 36/32 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2020** **PCT/EP2020/085046**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2021** **WO21116090**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2020** **E 20817388 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024** **EP 4074079**

54 Título: **Orquestación de la migración de recursos de computación frontera**

30 Prioridad:

09.12.2019 EP 19214347

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2024

73 Titular/es:

KONINKLIJKE KPN N.V. (50.0%)
Wilhelminakade 123
3072 AP Rotterdam, NL y
NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR
TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK TNO (50.0%)

72 Inventor/es:

KLEINROUWELER, JAN-WILLEM, MARTIN;
D'ACUNTO, LUCIA y
DIMITROVSKI, TONI

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 989 727 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

Orquestación de la migración de recursos de computación frontera

5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

La invención se refiere a un sistema configurado como una función de orquestación para una red móvil, en el que la red móvil comprende nodos frontera que son configurables para proporcionar recursos de computación frontera a dispositivos móviles, en la que el sistema está configurado para orquestar al menos en parte una migración de un recurso de computación frontera para un dispositivo móvil desde un primer nodo frontera a un segundo nodo frontera. La invención se refiere, además, a un procedimiento implementado por ordenador para orquestar al menos en parte una migración de un recurso de computación frontera para un dispositivo móvil desde un primer nodo frontera a un segundo nodo frontera. La invención se refiere, además, al dispositivo móvil y a un procedimiento implementado por ordenador para su uso con el dispositivo móvil.

La invención se refiere, además, a un medio legible por ordenador que comprende datos transitorios o no transitorios que representan un programa informático que comprende instrucciones para hacer que un sistema de procesador realice uno de los procedimientos.

20 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

La computación frontera (o computación frontera de acceso múltiple (MEC) como la introdujo el Grupo de Especificaciones de la Industria ETSI) generalmente involucra nodos frontera en la "frontera" de una red de telecomunicaciones que proporcionan recursos informáticos a los clientes de la red. Para ese propósito, los nodos frontera pueden estar dispuestos en una "nube frontera" en la que se utilizan paradigmas de computación en la nube para proporcionar los recursos informáticos a los clientes, pero los nodos frontera también pueden proporcionar de forma individual dichos recursos informáticos a los clientes.

Debido a que la frontera está ubicada relativamente cerca de un cliente, los recursos de computación frontera (por ejemplo, computación, contenido, una combinación de ambos) pueden estar disponibles con un alto ancho de banda, baja latencia y alta disponibilidad. Debido a estas características, la computación frontera se considera el facilitador de aplicaciones exigentes en redes móviles.

Los casos de uso habituales para la computación frontera implican la descarga de funcionalidad informática a la frontera. Por ejemplo, un cliente móvil puede cargar datos sin procesar a la frontera, donde pueden procesarse y enviarse a una nube central. Las ventajas de esta computación frontera pueden ser que los clientes móviles, que pueden funcionar con baterías, no necesitan capacidades informáticas pesadas, y el procesamiento por frontera puede evitar tener que enviar datos sin procesar a la nube central, reduciendo así la carga en la red de retorno.

Un ejemplo de caso de uso para la computación frontera son los vehículos conectados (CV). Los CV pueden estar equipados con una gran cantidad de sensores que pueden adquirir datos de los sensores. Los CV pueden cargar los datos de los sensores, que pueden caracterizarse como flujos continuos de alta velocidad y alto ancho de banda, a la nube frontera. En la nube frontera, los datos pueden analizarse y comunicarse con otros vehículos en las cercanías. La información interpretada puede enviarse en forma de metadatos a una nube central para su almacenamiento. Dependiendo del entorno (por ejemplo, ubicación, clima) o las necesidades específicas del CV, el CV puede enviar diferentes datos de sensores y requerir un análisis diferente de estos datos por parte de la frontera.

Para proporcionar el rendimiento de red necesario para la computación frontera, el cliente y el nodo o nodos frontera pueden necesitar estar cerca uno del otro en la red, lo que puede caracterizarse en términos de latencia, número de saltos, etc. y/o de una manera más indirecta en términos de ancho de banda. Esta proximidad de red también se refleja a menudo, pero no necesariamente, en una proximidad geográfica entre el cliente y el nodo o nodos frontera.

Por ejemplo, en una red móvil que tiene dispositivos móviles como clientes (también denominados equipos de usuario, UE), el acceso de alto ancho de banda y latencia (ultra)baja a los recursos informáticos normalmente solo está disponible cuando los recursos informáticos están ubicados cerca del punto de acceso de radio. El aprovisionamiento de recursos de computación frontera para UE estacionarios puede considerarse sencillo. Sin embargo, para los clientes móviles, los recursos informáticos pueden tener que viajar con el UE a nodos frontera que están cerca del UE. Por ejemplo, como también se muestra en la figura 1, un UE móvil puede moverse entre estaciones base que están en su ruta, en el sentido de que su comunicación por radio puede ser transferida de una estación base a otra estación base. Un primer grupo de estaciones base puede recibir servicio del nodo frontera 1, en el sentido de que las estaciones base pueden tener cada una una conexión de red de alto ancho de banda con el nodo frontera 1. Sin embargo, a medida que el UE avanza a lo largo de la ruta, la comunicación por radio del UE puede ser transferida a estaciones base que reciben servicio de otro nodo frontera. Como tal, los recursos de computación frontera pueden tener que migrarse al nuevo nodo frontera para seguir proporcionando el rendimiento de red necesario para la computación frontera.

La migración de recursos de computación frontera puede implicar, por ejemplo, obtener una imagen de máquina virtual (VM), crear una instancia de una VM, transferir el estado de la VM desde la frontera de origen a la frontera de destino y actualizar el enrutamiento de red a la VM.

En casos de alta movilidad, por ejemplo, en los que los UE se mueven a alta velocidad y/o los nodos frontera solo sirven a un área pequeña, los recursos informáticos para un UE pueden tener que migrarse con frecuencia entre nodos frontera. Cuando el nodo frontera de destino no está preparado para la migración (por ejemplo, no tiene la imagen de la VM y/o el estado de la aplicación), la migración puede tener que retrasarse temporalmente. Durante este tiempo, el tráfico de red puede seguir enrutándose al nodo frontera anterior, sobrecargando la red de retorno con tráfico de alto ancho de banda y/o proporcionando un rendimiento reducido al UE, de modo que los UE pueden experimentar un aumento en la latencia y una reducción en el ancho de banda.

Se sabe que se deben aprovisionar de forma proactiva los recursos de computación frontera en nuevos nodos frontera para intentar minimizar la carga innecesaria de retorno y el rendimiento reducido.

En [1], [2] y [3], el aprovisionamiento proactivo se logra mediante la precarga de VM en las fronteras que están cerca de la frontera actual. Para evitar iniciar demasiadas VM, se puede utilizar la predicción de movilidad. La predicción de movilidad puede basarse en las estaciones base de servicio, los nodos frontera de servicio o en la información del GPS que puede basarse en rastros de movilidad reales o históricos. [4] sigue principios similares, pero utiliza la predicción de movilidad para colocar partes de contenido en diferentes nodos frontera a lo largo de una ruta esperada.

Desventajosamente, la predicción de movilidad de [1] - [4] puede basarse en suposiciones sobre la movilidad del UE, que pueden ser inexactas. Como tal, el aprovisionamiento proactivo puede ser subóptimo en el sentido de que puede aprovisionar recursos de computación frontera en nodos frontera demasiado pronto o demasiado tarde en vista de la movilidad real del UE.

da a conocer un procedimiento y un sistema para configurar un UE para el traspaso entre un Nodo-B evolucionado de origen (eNB) y un eNB de destino utilizando comunicaciones aéreas en una red celular, en el que el circuito de procesamiento del UE es para decodificar la información de configuración de medición del eNB de origen. La información de configuración de medición incluye una pluralidad de umbrales de altura asociados con la altura aérea del UE. Se codifica un informe de medición para su transmisión al eNB de origen. El informe de medición incluye la altura aérea del UE y la generación del informe de medición se activa en función de uno o más eventos de activación asociados con la pluralidad de umbrales de altura. Se decodifica la señalización de RRC del eNB de origen, incluyendo la señalización de RRC un comando de traspaso. El comando de traspaso se basa en una decisión de traspaso por parte del eNB de origen utilizando el informe de medición. Se realiza un traspaso desde el eNB de origen al eNB de destino en función del comando de traspaso.

Referencias:

[1] Sun, X., & Ansari, N. (2016). EdgeloT: Mobile edge computing for the Internet of Things. IEEE Communications Magazine, 54(12), 22-29.

[2] Farris, I., Taleb, T., Flinck, H., & Iera, A. (2018). Providing ultra-short latency to user-centric 5G applications at the mobile network edge. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 29(4), e3169.

[3] Plachy, J., Becvar, Z., & Strinati, E. C. (septiembre de 2016). Dynamic resource allocation exploiting mobility prediction in mobile edge computing. En el 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications de IEEE de 2016 (PIMRC) (págs. 1-6). IEEE.

[4] Mathew, N. (2017). Solicitud de patente de EE. UU. n.º 15/191,190.

[5] US 2019/0182730

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Puede existir la necesidad de orquestar la migración de recursos de computación frontera que tengan mejor en cuenta la movilidad de un dispositivo móvil.

Las siguientes medidas proporcionan un sistema que proporciona una función de orquestación en la red móvil y un dispositivo móvil configurado de manera complementaria. Ambas entidades pueden cooperar para permitir que la función de orquestación organice al menos en parte la migración de recursos de computación frontera para el dispositivo móvil. Para ese propósito, se puede hacer uso del hecho de que el dispositivo móvil puede seguir una ruta que puede predecirse, por ejemplo, utilizando la predicción de movilidad basada en red antes mencionada u obteniendo una ruta planificada del dispositivo móvil. La ruta puede obtenerse mediante la función de orquestación, por ejemplo, en un formato legible por ordenador. A su vez, la función de orquestación puede, por ejemplo, basándose en su conocimiento de la topología de la red, identificar los denominados puntos de migración que pueden representar

ubicaciones geográficas en las que puede ser necesaria una migración de recursos de computación frontera desde un nodo frontera a otro nodo frontera. En lugar de esperar a que el dispositivo móvil alcance o incluso pase por un punto de migración y solo entonces iniciar reactivamente la migración, los puntos de migración pueden proporcionarse al dispositivo móvil para permitir que el dispositivo móvil envíe una notificación de "aviso" a la función de orquestación antes de que el dispositivo móvil alcance el punto de migración. En respuesta a dicha notificación, la función de orquestación puede entonces iniciar de forma proactiva la migración de los recursos de computación frontera entre nodos frontera.

En un primer aspecto de la invención, se da a conocer un sistema según la reivindicación 1.

En otro aspecto de la invención, se da a conocer un dispositivo móvil para un móvil según la reivindicación 8.

En otro aspecto de la invención, se dan a conocer un procedimiento implementado por ordenador según la reivindicación 15 y un procedimiento implementado por ordenador según la reivindicación 16.

En otro aspecto de la invención, se da a conocer un medio legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 17.

Como se explicó brevemente anteriormente, las medidas anteriores hacen uso del hecho de que el dispositivo móvil puede seguir una ruta que puede predecirse. Por ejemplo, se puede utilizar una técnica conocida para la predicción de movilidad basada en red para predecir la ruta del dispositivo móvil, por ejemplo, mediante la extrapolación de datos de rutas anteriores. Otro ejemplo es que se puede esperar que el dispositivo móvil siga una ruta que está planificada por un componente de planificación de ruta. En un ejemplo específico, un pasajero de un vehículo conectado puede haber introducido un destino para fines de guía de navegación o, en el caso de un vehículo autónomo, para permitir que el vehículo autónomo conduzca de manera autónoma hasta el destino. Esta ruta puede ser obtenida y utilizada por la red, y específicamente por la función de orquestación, para predecir con mayor precisión en qué ubicación u ubicaciones geográficas a lo largo de la ruta puede ser necesaria una migración de frontera. Estas ubicaciones geográficas pueden luego transmitirse al dispositivo móvil, por ejemplo, en forma de datos de migración.

A su vez, el dispositivo móvil puede, antes de llegar a dicho punto de migración, proporcionar una notificación de aviso a la función de orquestación de que se alcanzará dicho punto de migración. Esta notificación de aviso, en forma de un mensaje de inicio, puede permitir que la función de orquestación inicie la migración del recurso de computación frontera, por ejemplo, creando una instancia de una máquina virtual (VM) a partir de una imagen de VM, iniciando una transferencia de un estado de la VM desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera, etc.

Más específicamente, la función de orquestación puede identificar las ubicaciones geográficas como puntos de migración respectivos. Un punto de migración puede representar una geolocalización en la que se prevé que otro nodo frontera preste un mejor servicio al dispositivo móvil que un nodo frontera que prestó servicio anteriormente al dispositivo móvil. Aquí, el término "prestar un mejor servicio" puede expresarse en términos de que el nuevo (segundo) nodo frontera pueda proporcionar un mayor ancho de banda y/o una menor latencia al dispositivo móvil que el nodo frontera anterior (primero). Además, el "nodo frontera que prestó servicio anteriormente al dispositivo móvil" puede referirse al nodo frontera que puede prestar servicio al dispositivo móvil antes de llegar al punto de migración. Se observa que estos puntos de migración pueden predecirse a lo largo de la ruta y, por lo tanto, el dispositivo móvil puede no recibir aún el servicio de este nodo frontera, pero puede predecirse que prestará servicio al dispositivo móvil en el futuro y seguirá viajando por la ruta planificada.

Al obtener la función de orquestación los datos de ruta, se puede habilitar la función de orquestación para predecir los puntos de migración. Sin embargo, solo conociendo los puntos de migración, la función de orquestación puede no ser capaz todavía de programar de manera óptima el inicio de la migración. Es decir, puede que no se sepa cuándo llega el dispositivo móvil al punto de migración. Por ejemplo, una simple extrapolación de su velocidad anterior por parte de la red puede no ser suficiente, ya que la velocidad puede cambiar, por ejemplo, para un vehículo debido al tráfico. Al proporcionar los puntos de migración al dispositivo móvil, se puede habilitar el dispositivo móvil para proporcionar una notificación de aviso a la función de orquestación antes de llegar a un punto de migración respectivo y, por lo tanto, permitir que la función de orquestación inicie la migración de los recursos de computación frontera en un momento adecuado. En otras palabras, en lugar de intentar predecir cuándo el dispositivo móvil llega a un punto de migración a lo largo de la ruta, la red y, más específicamente, la función de orquestación se pueden configurar para cooperar con el dispositivo móvil de modo que el conocimiento del dispositivo móvil, por ejemplo, del momento de alcanzar un punto de migración, se pueda utilizar para programar de manera óptima el inicio de la migración de los recursos de computación frontera.

De este modo, se puede habilitar al dispositivo móvil para que active, en un momento adecuado, la migración de los recursos de computación frontera, pero sin tener que tener conocimiento de las complejidades de la migración. En cambio, se puede proporcionar al dispositivo móvil una o más ubicaciones geográficas y se puede configurar para notificar a la función de orquestación antes de que se alcance una ubicación geográfica respectiva. Dicha información normalmente está disponible para el dispositivo móvil, o bien se puede generar fácilmente, por ejemplo, utilizando las mismas técnicas que se utilizaron para planificar la ruta.

En comparación con la predicción de movilidad de [1] - [4], el momento de inicio de la migración de los recursos de computación frontera puede ser mejor, ya que la migración puede iniciarse antes de alcanzar el punto de migración en lugar de después de haberlo alcanzado, momento en el que la migración puede iniciarse demasiado tarde. Además, el inicio de la migración puede basarse en la ubicación actual del dispositivo móvil con respecto al punto de migración, lo que puede ser más preciso que programar el inicio de la migración sin la ubicación actual del dispositivo móvil. Sin embargo, no es necesario *per se* que la función de orquestación conozca la ubicación actual del dispositivo móvil, por ejemplo, en términos de coordenadas GPS, ya que el propio dispositivo móvil puede activar el inicio de la migración en función de su ubicación actual. Por lo tanto, puede que no haya necesidad de transmitir coordenadas GPS o similares desde el dispositivo móvil a la función de orquestación.

Las siguientes realizaciones se describen con referencia al sistema que proporciona la función de orquestación en la red y el procedimiento implementado por ordenador correspondiente, pero pueden indicar realizaciones correspondientes del dispositivo móvil y el procedimiento implementado por ordenador para su uso con el dispositivo móvil.

En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para obtener los datos de ruta a través de la interfaz de red desde el dispositivo móvil, en el que los datos de ruta pueden ser indicativos de una ruta planificada del dispositivo móvil. En consecuencia, en lugar de obtener los datos de ruta de otro lugar, por ejemplo, de una predicción de movilidad basada en red, la función de orquestación puede obtener los datos de ruta directamente desde el dispositivo móvil. Es decir, el dispositivo móvil puede tener disponibles dichos datos de ruta o puede generar fácilmente dichos datos de ruta en los casos en que se planifique que el dispositivo móvil recorra una ruta. Por ejemplo, cuando el dispositivo móvil es, o forma parte de, un vehículo conectado, un pasajero del vehículo conectado puede haber introducido un destino para fines de guía de navegación, y un componente de planificación de ruta local o en línea puede generar una ruta para el vehículo conectado hasta el destino. Por lo tanto, la ruta planificada puede ser indicativa de la ruta por la que se prevé que viajará el vehículo conectado. Se observa que, en general, una ruta planificada puede ser una forma de una ruta predicha, ya que es probable que el dispositivo móvil recorra la ruta planificada, pero aún puede desviarse de esta ruta. Al obtener datos de ruta indicativos de una ruta planificada del dispositivo móvil a partir del propio dispositivo móvil, se puede obtener una predicción más precisa, por ejemplo, en los casos en los que la ruta del dispositivo móvil no es simplemente una extrapolación de su trayectoria anterior. Por ejemplo, cuando se utiliza un dispositivo móvil en un vehículo que se desplaza por las calles de la ciudad, el vehículo puede girar varias veces por lo que la ruta real del vehículo puede desviarse con frecuencia de una simple extrapolación de su trayectoria anterior. En comparación con la predicción de movilidad de [1] - [4], los recursos de computación frontera se pueden migrar a nodos frontera seleccionados con mayor precisión, ya que la precisión de la ruta predicha puede ser mejor. Esto puede evitar la asignación innecesaria de recursos en otros nodos frontera y/o puede garantizar que la migración se realice a los nodos frontera correctos.

En una realización, el dispositivo móvil se puede conectar a la red a través de estaciones base respectivas, y el subsistema de procesador se puede configurar para determinar los puntos de migración como geolocalizaciones respectivas en las que se anticipa que se realizará un traspaso desde una estación base a otra estación base y en las que, después de la transferencia, se anticipa que el segundo nodo frontera tendrá un mejor ancho de banda y/o latencia con el dispositivo móvil que el primer nodo frontera. En muchos casos, la necesidad de migrar recursos de computación frontera puede ser provocada por un dispositivo móvil que se traspasa de una (por ejemplo, una primera) estación base a otra (por ejemplo, una segunda) estación base. Es decir, mientras que la primera estación base puede recibir un mejor servicio de un primer nodo frontera (o un primer conjunto de nodos frontera), la segunda estación base puede recibir un mejor servicio de un segundo nodo frontera (o un segundo conjunto de nodos frontera). En consecuencia, cuando el dispositivo móvil está conectado a la segunda estación base, puede ser preferente que los recursos de computación frontera sean proporcionados por el segundo nodo frontera en lugar de por el primer nodo frontera.

En consecuencia, la función de orquestación puede configurarse para determinar los puntos de migración como geolocalizaciones en las que se anticipa que se realizará un traspaso desde una estación base a otra estación base y en las que, al mismo tiempo, se anticipa que será necesaria una migración de recursos de computación frontera en vista de que un segundo nodo frontera pueda prestar un mejor servicio, por ejemplo, en términos de ancho de banda y/o latencia, al dispositivo móvil cuando está conectado a la segunda estación base que un nodo frontera que prestaba servicio anteriormente.

En una realización, el subsistema de procesador puede configurarse para:

- determinar un tiempo para que el dispositivo móvil envíe el mensaje de inicio, en el que el tiempo se define como el período de tiempo antes de alcanzar el respectivo punto de migración; y
- proporcionar el período de tiempo al dispositivo móvil.

De acuerdo con esta realización, la función de orquestación puede determinar el momento en el que el dispositivo móvil debe enviar la notificación de aviso, por ejemplo, en forma de mensaje de inicio, es decir, como un período de tiempo antes de alcanzar un punto de migración respectivo. Por ejemplo, la función de orquestación puede especificar

que el dispositivo móvil debe enviar la notificación de aviso 5 minutos, o 1 minuto, o 30 segundos, o 10 segundos, etc. antes de alcanzar un punto de migración respectivo. El propio dispositivo móvil puede estimar cuándo debe alcanzar el punto de migración, por ejemplo, basándose en una simple extrapolación de su velocidad actual o basándose en una estimación de un componente de planificación de ruta, y puede, por lo tanto, enviar oportunamente la notificación de aviso. En consecuencia, la función de orquestación puede iniciar la migración de los recursos de computación frontera en un momento más óptimo en el tiempo, por ejemplo, no demasiado pronto para evitar la asignación innecesaria de recursos y no demasiado tarde para evitar que el dispositivo móvil tenga que seguir utilizando el primer nodo frontera y, por lo tanto, estar sujeto a una alta latencia y/o un ancho de banda bajo.

En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para determinar el tiempo en función de un tipo de recurso de computación frontera que se va a migrar al segundo nodo frontera. La migración de recursos de computación frontera puede llevar tiempo, lo que puede depender del tipo de recursos de computación frontera. Por ejemplo, si se va a transferir una VM de gran tamaño, esto puede llevar más tiempo que si simplemente se va a transferir el estado actual de la VM. Para poder completar la migración en el momento adecuado, la función de orquestación puede determinar el momento en el que el dispositivo móvil debe enviar la notificación de aviso antes de llegar al punto de migración en función del tipo de recurso de computación frontera que se va a migrar. Esto puede permitir que la migración de diferentes tipos de recursos de computación frontera se inicie y complete de manera oportuna.

En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para, en respuesta a cambios en la infraestructura de red o en la asignación de recursos de red:

- volver a determinar el uno o más puntos de migración en función de los cambios en la infraestructura de red o en la asignación de recursos de red, obteniendo así datos de migración actualizados; y

- enviar los datos de migración actualizados al dispositivo móvil.

Los cambios en la infraestructura de red o en la asignación de recursos de red pueden afectar a la capacidad de los nodos frontera para dar servicio a dispositivos móviles. La función de orquestación puede estar al tanto de dichos cambios, por ejemplo, basándose en la comunicación con otras funciones de red, y puede, por lo tanto, volver a determinar los puntos de migración basándose en dichos cambios, por ejemplo, de manera continua o periódica o en respuesta a la notificación de cambios. Por ejemplo, si el segundo nodo frontera experimenta una alta asignación de recursos debido a la cual el primer nodo frontera continuará prestando un mejor servicio al dispositivo móvil incluso después de un punto de migración original, el punto de migración original puede simplemente eliminarse. Otro ejemplo es que los cambios en la infraestructura de red pueden significar que un nodo frontera adicional ha quedado disponible a lo largo de la ruta donde previamente no se había planificado ningún punto de migración. En consecuencia, se puede agregar un punto de migración a lo largo de la ruta.

En una realización, el subsistema de procesador puede configurarse para, en respuesta al mensaje de inicio, enviar datos de recursos al dispositivo móvil que identifiquen el segundo nodo frontera al que se migrará el recurso de computación frontera. Para facilitar la migración al segundo nodo frontera, la función de orquestación puede identificar el segundo nodo frontera al dispositivo móvil, por ejemplo, especificando una dirección de red o un tipo similar de identificador de red. En consecuencia, el dispositivo móvil puede redirigir oportunamente su tráfico, por ejemplo, enviando datos de sensores sin procesar para ser procesados, desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera, lo que puede facilitar aún más la migración sin problemas.

En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para iniciar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera mediante la transferencia de una imagen de máquina virtual de una máquina virtual desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera. La transferencia de imágenes de máquina virtual puede llevar tiempo debido a su tamaño. Al comenzar a transferir dichas imágenes en respuesta a la notificación de aviso recibida desde el dispositivo móvil, y por lo tanto antes de que el dispositivo móvil llegue realmente al punto de migración, la transferencia puede completarse o al menos estar en marcha al llegar al punto de migración. Esto puede facilitar aún más la migración sin problemas.

En una realización, el subsistema de procesador puede configurarse, además, para, al menos uno de un grupo de:

- transferir un estado de la máquina virtual desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera;
- en función de la imagen de la máquina virtual, iniciar la máquina virtual en el segundo nodo frontera;
- y
- redirigir el tráfico de red del dispositivo móvil desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera

Además o como alternativa a la transferencia de una imagen de máquina virtual, la función de orquestación puede realizar cualquier acción individual o combinación de las acciones mencionadas anteriormente en respuesta a la recepción de la notificación de aviso del dispositivo móvil.

5 Las siguientes realizaciones se describen con referencia al dispositivo móvil y al procedimiento implementado por ordenador para su uso con el dispositivo móvil, pero pueden indicar realizaciones correspondientes del sistema que proporciona la función de orquestación en la red y el procedimiento implementado por ordenador correspondiente.

En una realización, el mensaje de inicio puede comprender al menos uno de un grupo de:

10

- una identificación o caracterización del recurso de computación frontera;
- el punto de migración que se prevé alcanzar;

15

- un tiempo absoluto o relativo de alcanzar el punto de migración; y
- la geolocalización actual del dispositivo móvil.

20

Incluir dichos tipos de datos en el mensaje de inicio puede ayudar a la función de orquestación a orquestar la migración de recursos de computación frontera. Por ejemplo, el dispositivo móvil puede identificar el recurso de computación frontera que se está utilizando, por ejemplo, en términos de tipo, lo que puede permitir que la función de orquestación adapte la migración al recurso de computación frontera. Otro ejemplo es que el dispositivo móvil puede indicar explícitamente el punto de migración que se debe alcanzar, lo que puede evitar que la función de orquestación tenga que estimar de otro modo qué punto de migración se debe alcanzar. Otro ejemplo más es que el tiempo absoluto o relativo de alcanzar el punto de migración puede ayudar a la función de orquestación a iniciar la migración a tiempo, por ejemplo, no demasiado tarde pero tampoco demasiado pronto. De manera similar, la geolocalización actual del dispositivo móvil puede permitir que la función de orquestación calcule cuándo se alcanzará el punto de migración, lo que puede permitir a su vez que la función de orquestación inicie oportunamente la migración.

30

En una realización, el subsistema de procesador puede configurarse, además, para:

- generar datos de ruta indicativos de una ruta planificada a lo largo de la cual se planea que viaje el dispositivo móvil; y

35

- a través de la interfaz de red, enviar los datos de ruta a la función de orquestación.

Como se describió anteriormente, el dispositivo móvil puede generar datos de ruta en casos en los que se planea que el dispositivo móvil viaje en una ruta. Por ejemplo, cuando el dispositivo móvil es, o forma parte de, un vehículo conectado, un pasajero del vehículo conectado puede haber introducido un destino para fines de guía de navegación, y un componente de planificación de ruta local o en línea puede generar una ruta para el vehículo conectado hasta el destino. Por lo tanto, la ruta planificada puede ser indicativa de la ruta por la que se prevé que viajará el vehículo conectado. En general, el dispositivo móvil puede obtener los datos de ruta de un componente de planificación de ruta, que puede ser ejecutado por el dispositivo móvil pero también en otro lugar. Al proporcionar los datos de ruta a la función de orquestación, la función de orquestación puede habilitarse para migrar recursos de computación frontera a nodos frontera seleccionados con mayor precisión ya que la precisión de la ruta predicha puede ser mejor. Esto puede evitar la asignación innecesaria de recursos en otros nodos frontera y/o puede garantizar que la migración se realice a los nodos frontera correctos.

50

En una realización, los datos de ruta pueden comprender al menos uno de un grupo de:

- una lista de puntos de referencia que definen geolocalizaciones que caracterizan al menos parte de la ruta planificada;
- una lista de puntos de seguimiento que definen geolocalizaciones que juntas forman un seguimiento entre al menos dos puntos de referencia posteriores;
- un identificador de un destino de la ruta planificada; y
- una geolocalización actual del dispositivo móvil.

60

Puede haber varias maneras de proporcionar datos de ruta a la función de orquestación, por ejemplo, como una lista de puntos de referencia, una lista de puntos de seguimiento o como una combinación de un identificador del destino de la ruta planificada y la geolocalización actual del dispositivo móvil. La última combinación de datos puede permitir que la función de orquestación reconstruya la ruta planificada, por ejemplo, utilizando un componente de planificación de ruta.

65

En una realización, el subsistema de procesador puede configurarse para:

- 5 • en función de los datos de migración, identificar un punto de notificación que representa una geolocalización a la que se debe enviar el mensaje de inicio; y
- enviar el mensaje de inicio cuando la geolocalización actual del dispositivo móvil alcanza el punto de notificación.

10 El dispositivo móvil puede determinar cuándo enviar la notificación de alcanzar un punto de migración en un futuro cercano identificando explícitamente una geolocalización que se encuentra en la ruta antes del punto de migración, por ejemplo, en forma de un punto de notificación, y enviando la notificación de aviso en forma de mensaje de inicio a la función de orquestación cuando se alcanza el punto de notificación. Esta puede ser una forma eficiente de permitir que el dispositivo móvil determine cuándo enviar el punto de notificación, ya que el dispositivo móvil puede simplemente comparar su geolocalización actual con un punto o puntos de notificación (o una lista de los mismos) y enviar el mensaje de inicio al alcanzar un punto de notificación respectivo.

15 En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para enviar el mensaje de inicio en un momento que se define como un período de tiempo antes de alcanzar el punto de migración respectivo. Por ejemplo, el período de tiempo puede definirse por la función de orquestación, por ejemplo, como parte de los datos de migración, o puede determinarse por el propio dispositivo móvil, por ejemplo, en función de un tipo de recurso de computación frontera que se va a migrar.

20 En una realización, los datos de migración pueden comprender al menos uno de un grupo de:

- 25 • una geolocalización que define un punto de migración;
- una geolocalización y un radio que definen un punto de migración, en el que el punto de migración se alcanza al llegar dentro del radio del punto de migración; y
- 30 • un conjunto de al menos dos geolocalizaciones que definen una línea de puntos de migración, en el que la línea de puntos de migración se alcanza al cruzar la línea.

35 Puede haber varias formas de definir un punto de migración, por ejemplo, como una geolocalización única o como una combinación de una geolocalización y un radio (por ejemplo, definiendo un círculo) o como una línea de puntos de migración. Los dos últimos pueden tener como ventaja que permiten desviaciones (laterales) del dispositivo móvil con respecto a la ruta planificada.

40 En una realización, los datos de migración pueden comprender al menos dos puntos de migración, y el subsistema de procesador puede estar configurado para identificar el punto de migración para el cual se envía el mensaje de inicio en el mensaje de inicio.

45 En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para, cuando se produce un cambio en la ruta planificada, obtener datos de ruta actualizados indicativos de una ruta actualizada a lo largo de la cual se planea que viaje el dispositivo móvil y enviar los datos de ruta actualizados a la función de orquestación.

50 En una realización, el subsistema de procesador puede estar configurado para enviar un mensaje de anuncio a la función de orquestación, en la que el mensaje de anuncio puede estar configurado para activar la función de orquestación para preparar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera. Dicha preparación puede implicar, por ejemplo, la descarga de una imagen, tal como una imagen de VM o una imagen de contenedor, al segundo nodo frontera, mientras que el inicio de la migración puede implicar la instanciación (por ejemplo, iniciando) de una VM basada en la imagen de VM, la transferencia de un estado de la VM, etc. Esto también puede aplicarse a ejecutables de aplicación que representan o proporcionan recursos de computación frontera. Aquí, la preparación de la migración puede implicar la transferencia del ejecutable de aplicación al segundo nodo frontera y el inicio de la migración puede implicar la configuración y ejecución del ejecutable de aplicación.

55 De acuerdo con esta realización, el dispositivo móvil puede notificar a la función de orquestación que se acerca a un punto de migración en dos etapas. Como se describe en otra parte, el dispositivo móvil puede enviar un mensaje de inicio antes de llegar a un punto de migración para activar la función de orquestación para que comience ('inicie') la migración de los recursos de computación frontera. Además, el dispositivo móvil también puede enviar una notificación previa a la función de orquestación, por ejemplo, un mensaje de anuncio, que puede preceder al mensaje de inicio en el tiempo. El dispositivo móvil puede utilizar el mensaje de anuncio para proporcionar a la función de orquestación una estimación de un tiempo de llegada a un punto de migración. Más específicamente, el mensaje de anuncio puede comprender o puede ser indicativo de un tiempo de llegada a un punto de migración, o puede estar predefinido que el

dispositivo móvil envíe el mensaje de anuncio en un momento determinado antes de llegar al punto de migración. La función de orquestación puede utilizar esta información para preparar la migración de los recursos de computación frontera. Al proporcionarle este mensaje de anuncio, la función de orquestación puede tener más libertad para realizar los preparativos necesarios para la migración, por ejemplo, cuando la carga en el nodo frontera es menor o hay menos tráfico de red en competencia. De manera ventajosa, cuando todos o la mayoría de los datos de tamaño considerable ya están disponibles en el segundo nodo frontera, por ejemplo, una imagen de VM o imagen de contenedor o un ejecutable de aplicación de tamaño considerable, el inicio posterior de la migración, por ejemplo, mediante la instanciación de la VM o contenedor sobre la base de su imagen, ejecutando el ejecutable de la aplicación, etc., puede ser (mucho) más rápido.

Los expertos en la materia apreciarán que dos o más de las realizaciones, implementaciones y/o aspectos de la invención mencionados anteriormente pueden combinarse de cualquier manera que se considere útil.

Las modificaciones y variaciones de cualquiera de los sistemas, procedimientos y/o programas informáticos, que corresponden a las modificaciones y variaciones descritas de otro de estos sistemas, procedimientos y/o programas informáticos, y viceversa, pueden ser realizadas por un experto en la materia sobre la base de la presente descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estos y otros aspectos de la invención son evidentes a partir de las realizaciones descritas a continuación y se explicarán con referencia a ellas. En los dibujos,

la figura 1 muestra un UE móvil que se mueve entre estaciones base que se encuentran en su ruta, en el que un primer grupo de estaciones base reciben servicio de un primer nodo frontera y un segundo grupo de estaciones base reciben servicio de un segundo nodo frontera;

la figura 2 muestra un intercambio de mensajes entre una función de orquestación, el UE móvil y otras entidades para orquestar una migración de recursos de computación frontera desde un primer nodo frontera a un segundo nodo frontera;

la figura 3 muestra un ejemplo de datos de migración que definen un conjunto de al menos dos geolocalizaciones que definen una línea de puntos de migración y, por lo tanto, una línea de migración;

la figura 4 muestra un intercambio de mensajes en el que el UE móvil primero envía un mensaje de anuncio y luego envía un mensaje de inicio a la función de orquestación para activar la función de orquestación para preparar primero la migración de recursos de computación frontera y luego iniciar más tarde la migración de recursos de computación frontera;

la figura 5 muestra un sistema configurado como función de orquestación;

la figura 6 muestra un dispositivo móvil o equipo de usuario móvil;

la figura 7 muestra un medio legible por ordenador que comprende datos; y

la figura 8 muestra un sistema de procesamiento de datos ejemplar.

Se debe tener en cuenta que los elementos que tienen los mismos números de referencia en diferentes figuras, tienen las mismas características estructurales y las mismas funciones, o son las mismas señales. Cuando se ha explicado la función y/o estructura de dicho elemento, no es necesario repetir la explicación en la descripción detallada.

Lista de referencias y abreviaturas

La siguiente lista de referencias y abreviaturas se proporciona para facilitar la interpretación de los dibujos y no debe interpretarse como una limitación de las reivindicaciones.

AMF función de gestión de acceso y movilidad

BSX estación base X

CC nube central

EM proceso de migración de frontera

ENX nodo frontera X

MME entidad de gestión de movilidad

	OF función de orquestación
	QoS calidad de servicio
5	UE equipo de usuario
	VM máquina virtual
10	VM-REPO repositorio de máquina virtual
	1, 2, 4, 7, 9-11 pasos en el intercambio de mensajes
	20 línea de migración
15	30 área de cobertura de la estación base que recibe servicio del nodo frontera de origen
	40 área de cobertura de la estación base que recibe servicio del nodo frontera de destino
20	100 sistema configurado como función de orquestación
	110 interfaz de red
	120 subsistema de procesador
25	130 almacenamiento de datos
	200 equipo de usuario, dispositivo móvil
30	210 interfaz de red
	220 subsistema de procesador
	300 medio legible por ordenador
35	310 datos no transitorios
	1000 sistema de procesamiento de datos ejemplar
40	1002 procesador
	1004 elemento de memoria
	1006 bus de sistema
45	1008 memoria local
	1010 dispositivo de almacenamiento masivo
50	1012 dispositivo de entrada
	1014 dispositivo de salida
	1016 adaptador de red
55	1018 aplicación

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN

60	La figura 1 muestra un UE móvil (también denominado en otros lugares como "dispositivo móvil" o simplemente como "UE") que se mueve entre estaciones base que se encuentran en su ruta, en el que un primer grupo de estaciones base reciben servicio de un primer nodo frontera EN1 y un segundo grupo de estaciones base reciben servicio de un segundo nodo frontera EN2. Por ejemplo, se puede observar que el UE puede estar conectado en un momento dado a lo largo de su ruta a una primera estación base BS1 que puede recibir servicio del primer nodo frontera EN1 y en un momento posterior estar conectado a una segunda estación base BS2 que puede recibir servicio de un segundo nodo frontera EN2. Al cambiar, en términos de conectividad inalámbrica, a la segunda estación base BS2, puede ser
65	

preferente utilizar recursos de computación frontera proporcionados por el segundo nodo frontera EN2, ya que la conexión del UE móvil a través de la segunda estación base BS2 al primer nodo frontera EN1 puede ser subóptima, por ejemplo, en términos de ancho de banda y/o latencia, ya que la conexión puede, por ejemplo, enrutarse a través de la nube central CC.

Proporcionar recursos de computación frontera adecuados en el segundo nodo frontera EN2 puede implicar migrar los recursos de computación frontera desde el primer nodo frontera EN1 al segundo nodo frontera EN2. Esto puede implicar, por ejemplo, una o más entidades, por ejemplo, entidades en la nube central CC, que obtienen una imagen de máquina virtual (VM), instancian una VM, transfieren el estado de la VM desde la frontera de origen EN1 a la frontera de destino EN2 y actualizan el enrutamiento a la VM. La migración de recursos de computación frontera es conocida *per se*, pero el tiempo de migración de los recursos de computación frontera desde un nodo frontera a otro nodo frontera puede ser abordado de manera inadecuada por la técnica anterior.

Para abordar mejor el tiempo de inicio de la migración de los recursos de computación frontera, se puede proporcionar una función de orquestación (OF, no mostrada en la figura 1) y el UE puede estar configurado para interactuar con la OF. La OF puede estar configurada para determinar puntos de migración en la ruta del UE, de modo que el UE pueda proporcionar una notificación de aviso a la OF en forma de un mensaje de inicio que activa la OF para iniciar la migración de recursos de computación frontera para que la migración pueda completarse de manera oportuna. De este modo, se hace uso de la información disponible en el ámbito de conocimiento del UE (por ejemplo, la ubicación física y las necesidades de recursos del UE) y en el ámbito de conocimiento del operador (por ejemplo, la infraestructura de red y las implementaciones de frontera).

Las siguientes realizaciones describen los datos de ruta que se obtienen del dispositivo móvil, y en particular como datos de ruta que son indicativos de una ruta planificada del dispositivo móvil. Por ejemplo, el dispositivo móvil puede planificar la ruta utilizando un planificador de ruta local o remoto ("en línea") y puede transmitir datos de ruta que son indicativos de la ruta a la función de orquestación. Sin embargo, esto no es una limitación, ya que la función de orquestación también puede obtener datos de ruta indicativos de la ruta a lo largo de la cual se predice que viajará el dispositivo móvil de otras maneras, por ejemplo utilizando predicción de movilidad basada en red, como se conoce *per se*. Por ejemplo, dicha predicción de movilidad basada en red puede basarse en las estaciones base de servicio, nodos frontera de servicio o en información GPS que puede basarse en trazas de movilidad reales o históricas. En otra realización más, la función de orquestación puede obtener datos de ruta indicativos de una ruta planificada de una entidad de planificación de ruta, por ejemplo, un servidor configurado para generar rutas para dispositivos móviles, en lugar de obtener dichos datos de ruta directamente del dispositivo móvil.

La **figura 2** muestra un intercambio de mensajes entre la función de orquestación OF, el UE móvil y otras entidades para orquestar una migración de recursos de computación frontera desde un primer nodo frontera EN1 a un segundo nodo frontera EN2. Este intercambio de mensajes puede implicar los siguientes mensajes y pasos (de los cuales algunos pasos no se muestran en la figura 2, por ejemplo, al ser pasos internos de una entidad respectiva y no un mensaje intercambiado entre entidades; la figura 2 muestra los pasos 1, 2, 4, 7, 9-11):

1. El UE puede determinar una ruta a un punto de destino. El UE puede, por ejemplo, hacer uso de una herramienta o aplicación de planificación de ruta en línea o fuera de línea, que se representa en la figura 2 como una entidad separada "RP" pero que también puede ser un componente interno del UE. El UE puede obtener así su ruta como datos de ruta, que pueden estar en un formato apropiado, tal como el Formato de Intercambio GPS basado en XML (GPX).

2. El UE puede enviar los datos de ruta a la OF. Esto también puede hacer que el UE se registre en la OF.

3. La OF puede determinar a qué estación o estaciones base es probable que se conecte el UE a lo largo de la ruta y de qué nodos frontera reciben servicio estas estaciones base. Para cada combinación o un subconjunto de combinaciones de dos estaciones base que se espera que un UE cruce consecutivamente (por ejemplo, transición entre sus áreas de cobertura) a lo largo de su ruta y que reciben mejor servicio de diferentes nodos frontera, la OF puede agregar una ubicación aproximadamente en el cruce entre las dos estaciones base a una lista de puntos de migración, donde un punto de migración puede representar una ubicación que está codificada en un formato que el UE puede analizar sintácticamente y procesar (por ejemplo, una geolocalización física).

4. La OF puede proporcionar al UE la lista de puntos de migración mediante el envío de datos de migración al UE.

5. En algunas realizaciones, la OF puede registrar activadores para cada punto de migración, de modo que la OF pueda recibir una notificación cuando un UE se traspasa a una estación base que recibe servicio de otro nodo frontera. Por ejemplo, en una red móvil LTE, la OF puede registrar dichos activadores en la MME (entidad de gestión móvil) y, en una red móvil 5G, en la AMF (función de gestión de acceso y movilidad).

6. En función de los datos de ruta y las necesidades de recursos del UE, el UE puede determinar cuándo proporcionar la notificación de aviso en forma de mensaje de inicio a la OF. Estos puntos pueden denominarse "puntos de notificación" y pueden expresarse, aunque no es necesario, en un formato similar al de los puntos de migración.

7. Al llegar a un punto de notificación, el UE puede proporcionar el mensaje de inicio a la OF, que puede contener, por ejemplo, una descripción de los recursos de computación frontera que el UE necesita que estén disponibles en el momento de la migración.

8. En algunas realizaciones, la OF puede proporcionar al UE información adicional sobre los recursos de computación frontera en el nodo frontera de destino EN2, y la ruta de red al nodo frontera de destino EN2.

9. La OF puede iniciar la migración de los recursos de computación frontera, por ejemplo, instanciando una o más VM y, opcionalmente, iniciando una transferencia de estado. Esto puede implicar solicitar una imagen de VM de un repositorio de VM (VM-REPO en la figura 2) para que se descargue al nodo frontera de destino EN2.

10. Cuando el UE se traspa a la nueva estación base, cuyo activador puede ser proporcionado por la MME o la AMF, se puede configurar el enrutamiento del tráfico desde el UE a la frontera de destino EN2 en la red.

11. La VM del nodo frontera de origen EN1 se puede terminar y limpiar.

Mediante los pasos anteriores, la OF puede informar al UE en qué punto de su ruta es probable que se produzca una migración, pero puede dejar que el UE decida el momento de iniciar la migración, ya que la migración solo puede iniciarse cuando se recibe un mensaje de inicio del UE. De esta manera, el UE puede utilizar información que puede estar disponible para él mismo y no para la OF (por ejemplo, velocidad actual, tráfico, etc.) para programar de manera óptima el inicio de la migración. Un inicio bien programado puede evitar que los recursos de computación frontera se bloqueen (inicio demasiado temprano) o que los recursos de computación frontera aún no estén disponibles (inicio demasiado tardío). Además, debido a que el UE puede estar al tanto de las migraciones de frontera, por ejemplo, mediante los puntos de migración, una aplicación que se ejecuta en el UE también puede prepararse para una migración, por ejemplo, para reducir el impacto potencialmente negativo de la falta de conectividad durante la migración.

Si cambia un destino o una ruta del UE, el UE puede repetir el proceso descrito anteriormente. En consecuencia, la OF puede determinar nuevos puntos de migración para la nueva ruta, que pueden proporcionarse al UE para "anular" los puntos de migración comunicados previamente. De manera similar, cuando se producen cambios en la red o la infraestructura, la OF puede volver a determinar los puntos de migración y comunicar los nuevos puntos de migración al UE.

Intercambio de información de ruta

El UE puede obtener datos de ruta indicativos de su ruta planificada de varias maneras. Por ejemplo, el UE puede obtener su ruta a través de herramientas de planificación de ruta en línea (por ejemplo, Google Maps) o fuera de línea (por ejemplo, TomTom). Normalmente, estas herramientas proporcionan información detallada de planificación de ruta, incluida una definición precisa de los puntos de seguimiento e información sobre la hora de llegada. El UE puede comunicar este tipo de información (por ejemplo, los puntos de referencia de inicio y destino seguidos de una lista de puntos de seguimiento que definen la ruta) a la OF, por ejemplo, haciendo una solicitud HTTP POST en un punto final API RESTful de la OF.

Ejemplo 1. A continuación se proporciona un ejemplo de los datos de información de ruta o, en resumen, datos de ruta proporcionados por el UE a la OF en el formato de intercambio GPS (GPX). Aquí, el inicio y el destino se especifican como puntos de referencia, donde un punto de referencia se define como un par de latitud/longitud según el sistema de coordenadas geográficas. A continuación del inicio y el destino hay una lista de puntos de seguimiento que definen la ruta esperada del UE. De manera similar a los puntos de referencia, los puntos de seguimiento se definen como combinaciones de latitud/longitud.

```

POST /route HTTP/1.1
Host: of.example
Content-Type: application/gpx+xml
Content-Length: 2031

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8">
<gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1">
  <wpt lat="52.1500558" lon="4.777359">
    <name>Nieuwkoop</name>
    <desc>Nieuwkoop, Netherlands</desc>
  </wpt>
  <wpt lat="52.0194446" lon="4.431991">
    <name>Pijnacker</name>
    <desc>Pijnacker, Netherlands</desc>
  </wpt>
  <trk>
    <name>Nieuwkoop to Pijnacker</name>
    <number>1</number>
    <trkseg>
      <trkpt lat="52.1501774" lon="4.77697">
        <name>TP001</name>
      </trkpt>
      <trkpt lat="52.1501774" lon="4.77697">
        <name>TP002</name>
      </trkpt>
      <trkpt lat="52.1501774" lon="4.77697">
        <name>TP003</name>
      </trkpt>
      ...
    </trkseg>
  </trk>
</gpx>

```

En otro ejemplo, es posible que la información precisa de la ruta no esté disponible en el UE. En este caso, el UE puede, por ejemplo, comunicar puntos de ruta de inicio y destino, seguidos de una lista de puntos de ruta esenciales, por ejemplo, punto en el que la ruta cambia o puede cambiar, tales como giros, bifurcaciones, cruces, etc. a lo largo de la ruta. La definición de la ruta a través de una lista de puntos de ruta en lugar de utilizar puntos de seguimiento puede ser menos precisa, porque los puntos de ruta son solo puntos de seguimiento esenciales. Sin embargo, cuando una nube basada en Computación frontera de acceso múltiple (MEC) presta servicio a una región más grande cubierta por múltiples estaciones base, por ejemplo, eNodeB, este nivel de detalle sería suficiente.

En otro ejemplo, el UE puede comunicar un destino y un inicio de su ruta o su ubicación actual. El destino, inicio o ubicación actual se pueden proporcionar de varias maneras, tales como una coordenada geográfica, una dirección de calle, etc. Esto puede permitir que la OF planifique la ruta más probable del UE, por ejemplo, utilizando un componente de planificación de ruta tal como una herramienta o aplicación de planificación de ruta en línea o fuera de línea.

En otro ejemplo más, el UE puede comunicar únicamente una lista (corta) de puntos de referencia, por ejemplo, los puntos de referencia de inicio y de destino, opcionalmente combinados con una serie de puntos de referencia en la ruta hacia el destino. En este ejemplo, la OF puede utilizar de nuevo herramientas de planificación de ruta en línea o fuera de línea para estimar la ruta del UE.

El suministro de información de ruta a la OF, por ejemplo, en forma de datos de ruta, puede iniciar una nueva sesión con la OF, lo que significa que puede activar la cooperación entre el UE y la OF hasta que se alcance el destino proporcionado. Sin embargo, la ruta (por ejemplo, el destino y la lista de puntos de seguimiento/puntos de referencia) proporcionada por el UE no tiene que ser fija durante la sesión. Si el UE se desvía de la ruta que comunicó a la OF, el UE puede proporcionar datos de ruta actualizados a la OF. Los nuevos datos de ruta pueden definir una ubicación actual del UE como el inicio, una posible ubicación de destino actualizada y/o una nueva lista de puntos de seguimiento/puntos de referencia. Un ejemplo de una actualización del registro de ruta en la OF puede ser una solicitud HTTP PUT a un punto final API RESTful de la OF. Téngase en cuenta que una solicitud PUT puede indicar que es una actualización de un recurso existente (es decir, los datos de la ruta) y que es para reemplazar la ruta que se comunicó anteriormente.

Ejemplo 2. A continuación se muestra un ejemplo de una actualización de una ruta existente, donde la actualización define una ruta a través de una lista de puntos de referencia, donde la lista de puntos de referencia incluye un punto de referencia de inicio, un punto de referencia intermedio y un punto de referencia de destino, en el formato GPX

común. En este ejemplo, la actualización se ejecuta como HTTP PUT a una API RESTful en la OF, donde la URL contiene el identificador de la ruta actual.

```
PUT /route/Lizk967qAxu7iV6mQq8-ZgXH7rziCfeuPuean6j0 HTTP/1.1
Host: of.example
Content-Type: application/gpx+xml
Content-Length: 811

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8">
<gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1">
  <wpt lat="52.1500559" lon="4.777359">
    <name>Start</name>
    <desc>Nieuwkoop, Netherlands</desc>
  </wpt>
  <wpt lat="52.109628" lon="4.458512">
    <name>Intermediate 01</name>
    <desc>Leidschendam, Netherlands</desc>
  </wpt>
  <wpt lat="52.0194446" lon="4.431991">
    <name>Destination</name>
    <desc>Rijnacker, Netherlands</desc>
  </wpt>
</gpx>
```

5

Proporcionar puntos de migración

La respuesta de la OF al UE después de proporcionar a la OF los datos de ruta puede ser una lista de puntos de migración. Un punto de migración puede definirse como la ubicación esperada donde se espera que un UE realice el trasaso desde una estación base a otra estación base, y donde las dos estaciones base reciben el mejor servicio de diferentes nodos frontera, por ejemplo, en términos de ancho de banda y/o latencia a un nodo frontera respectivo.

Para determinar los puntos de migración, la OF puede hacer coincidir la ubicación física del UE, ya sea una ubicación actual o una ubicación futura a lo largo de la ruta, con una estación base de servicio, y desde la estación base a un nodo frontera de servicio. En un ejemplo, el mapeo puede realizarse sobre la base de una configuración estática. El primer mapeo, por ejemplo, entre la ubicación física y la estación base, puede realizarse, por ejemplo, con un mapa de cobertura, donde la cantidad de antenas, los tipos de antena, la dirección y la potencia de transmisión pueden determinar el área de cobertura de una estación base.

El segundo mapeo, por ejemplo, desde la estación base al nodo frontera, puede depender de dónde y cómo se implementa la computación frontera. En el caso de una implementación de frontera hiperlocal, donde el nodo frontera está ubicado en la estación base, el mapeo entre la estación base y el nodo frontera puede ser de uno a uno. Cuando un nodo frontera presta servicio a varias estaciones base, la OF puede realizar el mapeo en función del diseño y la topología de la red, por ejemplo, seleccionando un nodo frontera que esté más cerca de la estación base como nodo frontera de servicio.

En otro ejemplo, el mapeo entre la ubicación del UE y la estación base de servicio puede seguir siendo estática, pero el mapeo entre la estación base y el nodo frontera puede ser dinámica. En este ejemplo, la OF puede seleccionar el nodo frontera en función de la distancia desde la estación base, la disponibilidad de recursos en una de las ubicaciones de frontera y/o en función de los requisitos de la aplicación. Un ejemplo de esto último es que la OF puede seleccionar prestar servicio a los UE con aplicaciones con una latencia ultrabaja o requisitos de ancho de banda muy altos mediante los nodos frontera más cercanos a la estación base, u otra aplicación menos crítica en los nodos frontera que prestan servicio a una mayor cantidad de estaciones base.

En general, un punto de migración puede especificarse como un punto en la ruta que proporciona el UE. Este punto puede definirse con un radio pequeño alrededor del punto y, en general, puede especificarse de una manera que sea comprensible para el UE, por ejemplo, como una tupla de longitud y latitud. En general, puede ser posible definir el punto de migración como un punto de ubicación cuando la ruta del UE está definida con relativa precisión y se espera que el UE cruce el punto de ubicación con relativa precisión. Por ejemplo, si el UE es o forma parte de un vehículo que viaja por una red de carreteras interurbanas, puede ser posible definir el punto de migración como un punto de ubicación en una de las carreteras a lo largo de la ruta planificada, ya que no se espera que el UE se desvíe de las carreteras, por ejemplo, para conducir fuera de la carretera.

La **figura 3** muestra un ejemplo de datos de migración que definen un conjunto de al menos dos geolocalizaciones que definen una línea de puntos de migración y, por lo tanto, una línea de migración 20, por ejemplo, en forma de una lista de ubicaciones físicas. La línea de migración 20 puede ubicarse aproximadamente entre las áreas de cobertura 30 de las estaciones base BS1-BS3, que pueden recibir servicio cada una de ellas de un primer nodo frontera (no se

muestra en la figura 3), y las áreas de cobertura 40 de las estaciones base BS4-6, que pueden recibir servicio cada una de ellas de un segundo nodo frontera (tampoco se muestra en la figura 3). Al viajar desde el área de cobertura 30 de una de las estaciones base BS1-BS3 al área de cobertura 40 de una de las estaciones base BS4-BS6, los recursos de computación frontera para el UE pueden migrarse desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera. Para ese propósito, el UE puede interpretar la lista de puntos de migración como una línea 20, que cuando es intersecada por el UE, hace que el UE envíe un mensaje de inicio a la OF.

Las líneas de migración pueden ser apropiadas cuando la ruta del UE está definida con menos precisión, ya que puede no requerir que la OF determine con precisión cada punto posible a lo largo del cual el UE puede ser traspasado entre estaciones base. Se observa que se puede proporcionar una línea de migración para cada migración respectiva desde el nodo frontera de origen al nodo frontera de destino. Cuando el UE puede migrar a diferentes nodos frontera, la OF puede tener que proporcionar diferentes puntos de migración, o diferentes conjuntos de puntos de migración como diferentes líneas de migración, para cada nodo frontera de destino diferente.

El UE puede indicar el punto de migración en su mensaje de inicio, lo que puede permitir que la OF inicie una migración al nodo frontera de destino apropiado al recibir el mensaje de inicio. En otros ejemplos, el UE puede no indicar el punto de migración en su mensaje de inicio, y la OF puede, en su lugar, estimar qué punto de migración se cruza, por ejemplo, basándose en los datos de ruta y un tiempo transcurrido desde la recepción de los datos de ruta, o basándose en una ubicación actual del UE que puede proporcionarse a la OF, por ejemplo, como parte del mensaje de inicio o a través de un mecanismo diferente. Un ejemplo de un mecanismo diferente de este tipo es la determinación de la ubicación actual del UE identificando cuál de las estaciones base está prestando servicio actualmente al UE.

Ejemplo 3. A continuación se ofrece un ejemplo de una respuesta de la OF que contiene una lista de puntos de migración, donde los puntos de migración se especifican como una línea de migración, es decir, se les asigna un identificador común en lugar de que cada punto de migración tenga un identificador separado. La respuesta comprende, además, una indicación de que el UE debe dar el aviso enviando el mensaje de inicio al menos 180 segundos antes de llegar a la línea de migración. En este ejemplo, la lista de puntos de migración se proporciona como una respuesta HTTP a una solicitud en una API RESTful en

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/json
Content-Length: 7912
Connection: close
Location: https://of.example/route/LIzk96YqAxuu7lV6mQqH-
ZgKH7rziCfeuFuenn6j0

{
  "route": "LIzk96YqAxuu7lV6mQqH-ZgKH7rziCfeuFuenn6j0",
  "migration-points": [
    {
      "identifier": "nPjZ3TPoapnCHqnCs6Ib-
jYTaEGvZ855pymCT6",
      "location": {
        "latitude": "52.189621",
        "longitude": "4.458611"
      },
      "latitude": "52.189692",
      "longitude": "4.458604"
    }
  ],
  "heads-up-interval": "180S"
}
```

la OF. La cabecera de la respuesta "Ubicación" contiene la URL que el UE debe utilizar como base para proporcionar el aviso.

El momento en el que se espera que el UE envíe el mensaje de inicio a la OF antes de llegar a un punto de migración respectivo puede definirse estáticamente, por ejemplo, siempre cinco minutos, o 1 minuto, o 30 segundos o 10 segundos antes de llegar al punto de migración. En otro ejemplo, el momento en el que se envía el mensaje de inicio puede depender del tipo de recursos de computación frontera que se van a migrar, por ejemplo, del tipo de tecnología de virtualización que se utiliza para ejecutar la aplicación en el nodo frontera. Por ejemplo, inicializar una máquina

virtual puede llevar más tiempo (normalmente del orden de minutos) que iniciar un contenedor Linux o un contenedor Docker (normalmente del orden de segundos). De este modo, el UE puede proporcionar el aviso enviando el mensaje de inicio en un momento antes de alcanzar el punto de migración, lo que depende de la técnica de virtualización o, en general, del tipo de recursos de computación frontera que se van a migrar.

En otro ejemplo más, el momento en el que se espera que el UE envíe el mensaje de inicio a la OF antes de alcanzar un punto de migración respectivo ("intervalo de tiempo") puede determinarse dinámicamente, por ejemplo, por la OF. Esto puede permitir que la OF establezca el intervalo de tiempo dependiendo, por ejemplo, del tipo de tecnología de virtualización, la carga de los nodos frontera, dependiendo de si la imagen de la aplicación ya está disponible, la cantidad o velocidad esperada de transferencia de datos desde el nodo frontera de origen al nodo frontera de destino, etc. La OF puede proporcionar el intervalo de tiempo al UE como número o, alternativamente, como una función de los recursos solicitados. Esto puede ser particularmente adecuado para casos en los que el UE inicia la sesión de computación frontera y la OF no conoce los requisitos de recursos establecidos por el UE (por ejemplo, no están predefinidos ni negociados por un proveedor de aplicaciones, sino que son solicitados bajo demanda por el UE).

Proporcionar el mensaje de inicio

El UE puede configurarse para proporcionar a la OF un aviso antes de alcanzar el punto de migración en forma de un mensaje de inicio. El mensaje de inicio puede contener cierta información, por ejemplo, para identificar el punto de migración, la ubicación del UE y/o el tiempo esperado en el que el UE pasará el punto de migración. Un ejemplo de un mensaje de inicio puede ser una solicitud HTTP POST en un punto final de API RESTful de la OF.

```
POST /route/L1sk96YgAxud71V6mQqH-ZgXH7rziCfeuPuen610/headsups
HTTP/1.1
Host: of.example
Content-Type: application/json
Content-Length: 393

{
  "heads-up": {
    "migration-point": "nEjZ2TFoapnGHnCs6Ib-jYTaEGgVazP55pymCT6T",
    "current-time": "2019-04-25T14:26:05Z",
    "arrival-time": "2019-04-25T14:31:05Z",
    "current-location": {
      "latitude": "52.109626",
      "longitude": "4.458512"
    }
  }
}
```

Ejemplo 4. Más arriba se proporciona un ejemplo de un mensaje de inicio en formato HTTP POST proporcionado por un UE en una API RESTful de la OF. El mensaje de inicio se refiere a un punto de migración comunicado anteriormente por la OF al UE. El mensaje de inicio está formateado en el formato JSON común.

En otro ejemplo, el mensaje de inicio también puede incluir una definición de los recursos de computación frontera deseados. Esto puede permitir que el UE especifique o cambie los recursos de computación frontera cuando sea necesario y puede permitir que el UE inicie sesiones de computación frontera. En un mensaje de inicio de este tipo, el UE puede, por ejemplo, especificar el formato de la imagen de VM que se debe instanciar en el nodo frontera de destino (por ejemplo, imagen de VM con secuencia de comandos de instalación, imagen de disco de VM, contenedor, función Lambda), una ubicación de donde se puede obtener la imagen (por ejemplo, URL, ubicación del concentrador Docker) y un tipo de instancia (por ejemplo, una especificación de la cantidad de CPU, cantidad de RAM y espacio en disco, o haciendo referencia a un tipo de instancia predefinido).

Ejemplo 5. A continuación se proporciona un ejemplo de un mensaje de inicio en formato HTTP POST proporcionado por el UE en una API RESTful de la OF en el formato JSON común. Este mensaje de inicio también incluye una especificación de los recursos solicitados, especificando la imagen de disco virtual QEMU y detalles de las instancias de computación (2 CPU, 2048 MB de RAM, 10 GB de disco y aceleración de GPU habilitada).

```

POST /route/Link96YqAxuu7IV6mQqH-ZgXH7rziCfewDheun610/headsap
HTTP/1.1
Host: of.example
Content-Type: application/json
Content-Length: 393

{
  "heads-up": {
    "migration-point": "nPj23TPoapnGHQnCs61b-jYfaEGgVa2P5SpymCT6T",
    "current-time": "2019-04-25T14:26:05Z",
    "arrival-time": "2019-04-25T14:31:05Z",
    "current-location": {
      "latitude": "52.169626",
      "longitude": "4.458512"
    },
    "instance": {
      "format": "qcow2",
      "image": "https://example.org/images/example.qcow2",
      "cpus": 2,
      "ram": 2048,
      "disk": 10000,
      "qpu": true
    }
  }
}

```

Notificación en dos etapas

- 5 La **figura 4** muestra un intercambio de mensajes en el que el UE móvil primero envía un mensaje de anuncio y luego envía un mensaje de inicio a la función de orquestación para activar la función de orquestación para preparar primero la migración de recursos de computación frontera y luego iniciar más tarde la migración de recursos de computación frontera. Este intercambio de mensajes puede estar relacionado con lo siguiente. El UE puede notificar a la OF que se acerca a un punto de migración en dos etapas. Como se describe en otra parte, el UE puede enviar un mensaje de inicio antes de llegar a un punto de migración para activar la OF para que comience ('inicie') la migración de los recursos de computación frontera. Además, el UE también puede enviar una notificación previa a la OF, por ejemplo, un mensaje de anuncio, que puede preceder al mensaje de inicio. El UE puede utilizar el mensaje de anuncio para proporcionar a la OF una estimación de un tiempo de llegada a un punto de migración. La OF puede utilizar esta información para preparar la migración de los recursos de computación frontera. Dichas preparaciones pueden implicar la descarga de imágenes de VM y otros datos que pueden tener que estar disponibles en el nodo frontera de destino pero que aún no están disponibles en el nodo frontera de destino. Por ejemplo, es posible que sea necesario descargar una o más imágenes de VM desde un repositorio de VM o desde un nodo frontera de origen. El mensaje de inicio puede ser utilizado por la OF para instanciar la VM en función de la imagen de VM y para iniciar la migración al nodo frontera de destino, por ejemplo, transfiriendo un estado desde un nodo frontera de origen.

- La figura 4 muestra un posible orden de eventos para la notificación en dos etapas, lo que indica que el anuncio puede enviarse con antelación y, en el caso de EN2, incluso antes de que se envíe un mensaje de inicio para la migración a un nodo frontera anterior EN1. En este ejemplo, el UE anuncia la migración a los nodos frontera EN1, EN2, después de lo cual la OF prepara los nodos frontera descargando las imágenes de VM del repositorio de VM VM-REPO. Las preparaciones son seguidas por dos iniciaciones de la migración, que comprende la instanciación de las respectivas máquinas virtuales en los respectivos nodos frontera.

Entidades de procesamiento de datos

- 30 La figura 5 muestra un sistema 100 que puede configurarse como una función de orquestación como se describe en otra parte de esta memoria descriptiva. El sistema 100 puede comprender una interfaz de red 110 a la red móvil, por ejemplo, a una red central de la red móvil. La interfaz de red 110 puede adoptar cualquier forma adecuada, incluyendo, entre otras, una interfaz de red cableada basada en Ethernet o fibra óptica o una interfaz de red inalámbrica, tal como una interfaz de comunicación inalámbrica basada en satélite o microondas. En general, la interfaz de red 110 puede ser una interfaz de red física, pero en algunos ejemplos también una interfaz de red virtual, por ejemplo, en forma de una interfaz definida por software. El sistema 100 puede comprender, además, un subsistema de procesador 120, que puede configurarse, por ejemplo, mediante diseño de hardware o software, para realizar las operaciones descritas en esta memoria descriptiva en la medida en que se refieran a la función de orquestación. Por ejemplo, el subsistema de procesador 120 puede estar constituido por una única unidad central de procesamiento (CPU), pero también por una combinación o sistema de dichas CPU y/u otros tipos de unidades de procesamiento. En general, el sistema 100 puede estar constituido por un (único) dispositivo o aparato, por ejemplo, un servidor de red. Sin embargo, el sistema 100 también puede estar constituido por un sistema distribuido de dichos dispositivos o aparatos, por ejemplo, un sistema distribuido de servidores de red.

La figura 5 muestra, además, el sistema 100 que comprende un almacenamiento de datos 130, tal como un disco duro, una unidad de estado sólido, una matriz de discos duros o una matriz de discos de estado sólido, que puede utilizar el sistema 100 para almacenar datos. Por ejemplo, el sistema 100 puede almacenar en caché datos de ruta recibidos de dispositivos móviles, almacenar en caché datos de migración que se van a transmitir a dispositivos móviles, etc.

La figura 6 muestra un dispositivo móvil 200 tal como se describe en otra parte de esta memoria descriptiva. El dispositivo móvil 200 puede comprender una interfaz de red 210 para conectarse de forma inalámbrica a una red móvil a través de las respectivas estaciones base BS de la red móvil. La interfaz de red 210 puede adoptar cualquier forma adecuada, incluyendo, entre otras, una interfaz de radio 4G, 5G o de generación posterior o una interfaz de radio Wi-Fi para conectarse de forma inalámbrica a puntos de acceso. El dispositivo móvil 200 puede comprender, además, un subsistema de procesador 220, que puede configurarse, por ejemplo, mediante diseño de hardware o software, para realizar las operaciones descritas en esta memoria descriptiva en la medida en que pertenezcan al dispositivo móvil. Por ejemplo, el subsistema de procesador 220 puede estar constituido por una única unidad central de procesamiento (CPU), pero también por una combinación o sistema de dichas CPU y/u otros tipos de unidades de procesamiento. Aunque no se muestra explícitamente en la figura 6, el dispositivo móvil 200 puede comprender un almacenamiento de datos, tal como una unidad de estado sólido o una memoria flash, que puede ser utilizada por el dispositivo móvil 200 para almacenar datos. Por ejemplo, el dispositivo móvil 200 puede almacenar temporalmente en memoria intermedia datos de ruta que se enviarán a la función de orquestación o datos de migración recibidos de la función de orquestación.

En general, el dispositivo móvil 200 puede estar constituido por un (único) dispositivo o aparato, por ejemplo, un teléfono inteligente, un ordenador personal, un ordenador portátil, una tableta, un reloj inteligente, gafas inteligentes, un dispositivo de visualización montado en la cabeza, etc. El dispositivo móvil 200 también puede ser, o formar parte de un vehículo tal como un automóvil, una motocicleta, un camión, una bicicleta, un patinete, etc. El dispositivo móvil 200 también puede formar parte de una entidad autónoma, tal como un vehículo o robot aéreo o no aéreo (por ejemplo, de carretera) no tripulado. Sin embargo, el dispositivo móvil 200 también puede estar constituido por un sistema distribuido de dichos dispositivos o aparatos. En general, el dispositivo móvil 200 puede ser un denominado Equipo de Usuario (UE) o un UE móvil de una red de telecomunicaciones móviles, tal como una red móvil 5G.

En general, el sistema 100 que representa la función de orquestación y el dispositivo móvil 200 pueden implementarse cada uno al menos en parte mediante un dispositivo o aparato. El dispositivo o aparato puede comprender uno o más (micro)procesadores que ejecutan el software apropiado. El software que implementa la funcionalidad de la función o funciones puede haberse descargado y/o almacenado en una memoria o memorias correspondientes, por ejemplo, en una memoria volátil tal como RAM o en una memoria no volátil tal como Flash. Alternativamente, la función o funciones pueden implementarse en el dispositivo o aparato en forma de lógica programable, por ejemplo, como una Matriz de Puertas Programable en Campo (FPGA). En general, cada función del sistema o dispositivo móvil puede implementarse como un circuito.

Se observa que cualquiera de los procedimientos descritos en esta memoria descriptiva, por ejemplo en cualquiera de las reivindicaciones, se puede implementar en un ordenador como un procedimiento implementado por ordenador, como hardware dedicado o como una combinación de ambos. Las instrucciones para el ordenador, por ejemplo, el código ejecutable, se pueden almacenar en un medio legible por ordenador 300 como se muestra, por ejemplo, en la figura 7, por ejemplo, en forma de una serie 310 de marcas físicas legibles por máquina y/o como una serie de elementos que tienen diferentes propiedades o valores eléctricos, por ejemplo, magnéticos u ópticos. El código ejecutable se puede almacenar de manera transitoria o no transitoria. Los ejemplos de medios legibles por ordenador incluyen dispositivos de memoria, dispositivos de almacenamiento óptico, circuitos integrados, servidores, software en línea, etc. La figura 7 muestra a modo de ejemplo un dispositivo de almacenamiento óptico 300.

En una realización alternativa del medio legible por ordenador 300 de la figura 7, el medio legible por ordenador 300 puede comprender datos transitorios o no transitorios 310 que representan al menos uno de: datos de ruta, datos de migración y un mensaje de inicio.

La **figura 8** es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de procesamiento de datos ejemplar que se puede utilizar en las realizaciones descritas en esta memoria descriptiva. Dichos sistemas de procesamiento de datos incluyen entidades de procesamiento de datos descritas en esta memoria descriptiva, que incluyen, entre otras, la función de orquestación o el sistema que implementa la función de orquestación o el dispositivo móvil o el equipo de usuario (móvil).

El sistema de procesamiento de datos 1000 puede incluir al menos un procesador 1002 acoplado a elementos de memoria 1004 a través de un bus de sistema 1006. Como tal, el sistema de procesamiento de datos puede almacenar código de programa dentro de elementos de memoria 1004. Además, el procesador 1002 puede ejecutar el código de programa al que se accede desde los elementos de memoria 1004 a través del bus de sistema 1006. En un aspecto, el sistema de procesamiento de datos puede implementarse como un ordenador que es adecuado para almacenar y/o ejecutar código de programa. Sin embargo, debe apreciarse que el sistema de procesamiento de datos 1000 puede

implementarse en la forma de cualquier sistema que incluya un procesador y una memoria que sea capaz de realizar las funciones descritas en esta memoria descriptiva.

Los elementos de memoria 1004 pueden incluir uno o más dispositivos de memoria física tales como, por ejemplo, la memoria local 1008 y uno o más dispositivos de almacenamiento masivo 1010. La memoria local puede hacer referencia a memoria de acceso aleatorio u otro dispositivo o dispositivos de memoria no persistentes generalmente usados durante la ejecución real del código de programa. Un dispositivo de almacenamiento masivo puede implementarse como un disco duro, un disco de estado sólido u otro dispositivo de almacenamiento de datos persistente. El sistema de procesamiento 1000 también puede incluir una o más memorias caché (no mostradas) que proporcionan almacenamiento temporal de al menos una parte del código de programa para reducir la cantidad de veces que se debe recuperar el código de programa del dispositivo de almacenamiento masivo 1010 durante la ejecución.

Los dispositivos de entrada/salida (E/S) representados como el dispositivo de entrada 1012 y el dispositivo de salida 1014 pueden acoplarse opcionalmente al sistema de procesamiento de datos. Los ejemplos de dispositivos de entrada pueden incluir, entre otros, por ejemplo, un micrófono, un teclado, un dispositivo de puntero tal como un ratón, un controlador de juegos, un controlador Bluetooth, un controlador de realidad virtual y un dispositivo de entrada basado en gestos, o similares. Los ejemplos de dispositivos de salida pueden incluir, entre otros, por ejemplo, un monitor o pantalla, altavoces o similares. El dispositivo de entrada y/o el dispositivo de salida pueden acoplarse al sistema de procesamiento de datos directamente o a través de controladores de E/S intermedios. Un adaptador de red 1016 también puede acoplarse al sistema de procesamiento de datos para permitir que se acople a otros sistemas, sistemas informáticos, dispositivos de red remotos y/o dispositivos de almacenamiento remotos a través de redes privadas o públicas intermedias. El adaptador de red puede comprender un receptor de datos para recibir datos que se transmiten por tales sistemas, dispositivos y/o redes a dichos datos y un transmisor de datos para transmitir datos a dichos sistemas, dispositivos y/o redes. Los módems, módems de cable y tarjetas Ethernet son ejemplos de diferentes tipos de adaptador de red que se pueden utilizar con el sistema de procesamiento de datos 1000.

Como se muestra en la figura 8, los elementos de memoria 1004 pueden almacenar una aplicación 1018. Se debe apreciar que el sistema de procesamiento de datos 1000 puede ejecutar, además, un sistema operativo (no mostrado) que puede facilitar la ejecución de la aplicación. La aplicación, que se implementa en forma de código de programa ejecutable, puede ser ejecutada por el sistema de procesamiento de datos 1000, por ejemplo, por el procesador 1002. En respuesta a la ejecución de la aplicación, el sistema de procesamiento de datos puede configurarse para realizar una o más operaciones que se describirán en este documento con más detalle.

En un aspecto, por ejemplo, el sistema de procesamiento de datos 1000 puede implementar la función de orquestación o el sistema que representa la función de orquestación. En ese caso, la aplicación 1018 puede representar una aplicación que, cuando se ejecuta, configura el sistema de procesamiento de datos 1000 para realizar las funciones descritas en esta memoria descriptiva con referencia a la función de orquestación o su sistema. En otro aspecto, el sistema de procesamiento de datos 1000 puede implementar el dispositivo móvil o el equipo de usuario (móvil). En ese caso, la aplicación 1018 puede representar una aplicación que, cuando se ejecuta, configura el sistema de procesamiento de datos 1000 para realizar las funciones descritas en esta memoria descriptiva con referencia al dispositivo móvil o al equipo de usuario (móvil).

Cabe señalar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención, y que los expertos en la materia podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En las reivindicaciones, los signos de referencia colocados entre paréntesis no se interpretarán como limitativos de la reivindicación. El uso del verbo "comprender" y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o etapas distintos de los establecidos en una reivindicación. El artículo "un" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. Expresiones como "al menos uno de" cuando preceden a una lista o grupo de elementos representan una selección de todos o de cualquier subconjunto de elementos de la lista o grupo. Por ejemplo, la expresión, "al menos uno de A, B y C" debe entenderse como que incluye solo A, solo B, solo C, tanto A como B, tanto A como C, tanto B como C, o todos los elementos de A, B y C. La invención puede implementarse por medio de hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de un ordenador adecuadamente programado. En la reivindicación del dispositivo que enumera varios medios, varios de estos medios pueden estar incorporados en un mismo elemento de hardware.

REIVINDICACIONES

1. Sistema configurado como una función de orquestación (100) para una red móvil, en el que la red móvil comprende nodos frontera que son configurables para proporcionar recursos de computación frontera a dispositivos móviles, en el que el sistema comprende:

- una interfaz de red (110) a la red móvil;
- un subsistema de procesador (120) para orquestar al menos en parte una migración de un recurso de computación frontera para un dispositivo móvil desde un primer nodo frontera a un segundo nodo frontera al estar configurado para:

- obtener datos de ruta que son indicativos de una ruta a lo largo de la cual se predice que viajará el dispositivo móvil;
- en base a los datos de ruta, identificar uno o más puntos de migración a lo largo de la ruta, definiendo el uno o más puntos de migración geolocalizaciones respectivas en las cuales se anticipa que el segundo nodo frontera tendrá un mejor ancho de banda y/o latencia para el dispositivo móvil que el primer nodo frontera;

- a través de la interfaz de red, enviar datos de migración al dispositivo móvil, siendo los datos de migración indicativos del uno o más puntos de migración en un formato que es analizable y procesable por el dispositivo móvil;

- a través de la interfaz de red, recibir un mensaje de inicio desde el dispositivo móvil, representando el mensaje de inicio una notificación del dispositivo móvil de que prevé alcanzar uno de los puntos de migración respectivos; y

- basándose en el mensaje de inicio, iniciar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera hasta el segundo nodo frontera.

2. Sistema, según la reivindicación 1, en el que el subsistema de procesador está configurado para obtener los datos de ruta a través de la interfaz de red desde el dispositivo móvil, en el que los datos de ruta son indicativos de una ruta planificada del dispositivo móvil.

3. Sistema, según la reivindicación 1 o 2, en el que el dispositivo móvil está conectado a la red a través de estaciones base respectivas, y en el que el subsistema de procesador está configurado para determinar los puntos de migración como geolocalizaciones respectivas en las que se prevé que se produzca un traspaso desde una estación base a otra estación base y en el que, después del traspaso, se prevé que el segundo nodo frontera tenga un mejor ancho de banda y/o latencia con respecto al dispositivo móvil que el primer nodo frontera.

4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el subsistema de procesador está configurado para:

- determinar un tiempo para que el dispositivo móvil envíe el mensaje de inicio, en el que el tiempo se define como el período de tiempo antes de alcanzar el respectivo punto de migración; y
- proporcionar el período de tiempo al dispositivo móvil.

5. Sistema, según la reivindicación 4, en el que el subsistema de procesador está configurado para determinar el tiempo en función de un tipo de recurso de computación frontera que se va a migrar al segundo nodo frontera.

6. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el subsistema de procesador está configurado para, en respuesta al mensaje de inicio, enviar datos de recursos al dispositivo móvil que identifican el segundo nodo frontera al que se va a migrar el recurso de computación frontera.

7. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el subsistema de procesador está configurado para iniciar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera mediante la transferencia de una imagen de máquina virtual de una máquina virtual desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera.

8. Dispositivo móvil (200) para una red móvil, en el que la red móvil comprende nodos frontera que son configurables para proporcionar recursos de computación frontera a dispositivos móviles, en el que el dispositivo móvil comprende:

- una interfaz de red (210) para conectarse de forma inalámbrica a la red móvil a través de estaciones base respectivas de la red móvil;

- un subsistema de procesador (220) configurado para:

- a través de la interfaz de red, recibir datos de migración de una función de orquestación de la red móvil, en la que los datos de migración son indicativos de uno o más puntos de migración a lo largo de una ruta por la que se predice que viajará el dispositivo móvil, definiendo el uno o más puntos de migración, en un formato que es analizable y procesable por el dispositivo móvil, geolocalizaciones respectivas en las que se anticipa que un segundo nodo frontera tendrá un mejor ancho de banda y/o latencia para el dispositivo móvil que un primer nodo frontera;

- en base a los datos de migración y una geolocalización actual del dispositivo móvil, enviar un mensaje de inicio a la función de orquestación antes de alcanzar uno respectivo de los puntos de migración, en el que el mensaje de inicio está configurado para activar la función de orquestación para iniciar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera.

9. Dispositivo móvil, según la reivindicación 8, en el que el mensaje de inicio comprende al menos uno de un grupo de:

- una identificación o caracterización del recurso de computación frontera;
- el punto de migración que se anticipa que se alcanzará;
- un tiempo absoluto o relativo de llegada al punto de migración; y
- la geolocalización actual del dispositivo móvil.

10. Dispositivo móvil, según la reivindicación 8 o 9, en el que el subsistema de procesador está configurado, además, para:

- generar datos de ruta indicativos de una ruta planificada a lo largo de la cual se planea que viaje el dispositivo móvil; y
- a través de la interfaz de red, enviar los datos de ruta a la función de orquestación.

11. Dispositivo móvil, según la reivindicación 10, en el que los datos de ruta comprenden al menos uno de un grupo de:

- una lista de puntos de referencia que definen geolocalizaciones que caracterizan al menos parte de la ruta planificada;
- una lista de puntos de seguimiento que definen geolocalizaciones que juntas forman una ruta entre al menos dos puntos de referencia subsiguientes;
- un identificador de un destino de la ruta planificada; y
- una geolocalización actual del dispositivo móvil.

12. Dispositivo móvil, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que el subsistema de procesador está configurado para:

- en base a los datos de migración, identificar un punto de notificación que representa una geolocalización a la que se debe enviar el mensaje de inicio; y
- enviar el mensaje de inicio cuando la geolocalización actual del dispositivo móvil alcanza el punto de notificación.

13. Dispositivo móvil, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que el subsistema de procesador está configurado para enviar el mensaje de inicio en un momento que se define como un período de tiempo antes de alcanzar el punto de migración respectivo.

14. Dispositivo móvil, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que los datos de migración comprenden al menos uno de un grupo de:

- una geolocalización y un radio que define un punto de migración, en el que el punto de migración se alcanza al llegar dentro del radio del punto de migración; y
- un conjunto de al menos dos geolocalizaciones que definen una línea de puntos de migración, en el que la línea de puntos de migración se alcanza al cruzar la línea.

15. Procedimiento implementado por ordenador para, en una red móvil que comprende nodos frontera que son configurables para proporcionar recursos de computación frontera a dispositivos móviles, orquestar al menos en parte una migración de un recurso de computación frontera para un dispositivo móvil desde un primer nodo frontera a un segundo nodo frontera, en el que el procedimiento comprende:

- obtener datos de ruta que son indicativos de una ruta a lo largo de la cual se predice que viajará el dispositivo móvil;
- en base a los datos de ruta, identificar uno o más puntos de migración a lo largo de la ruta, definiendo el uno o más puntos de migración geolocalizaciones respectivas en las cuales se anticipa que el segundo nodo frontera tendrá un mejor ancho de banda y/o latencia para el dispositivo móvil que el primer nodo frontera;
- enviar datos de migración al dispositivo móvil, siendo los datos de migración indicativos del uno o más puntos de migración en un formato que es analizable y procesable por el dispositivo móvil;
- recibir un mensaje de inicio desde el dispositivo móvil, representando el mensaje de inicio una notificación del dispositivo móvil de que anticipa alcanzar uno respectivo de los puntos de migración; y
- basándose en el mensaje de inicio, iniciar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera.

16. Procedimiento implementado por ordenador para su uso con un dispositivo móvil para una red móvil, en el que la red móvil comprende nodos frontera que se pueden configurar para proporcionar recursos de computación frontera a dispositivos móviles, en el que el procedimiento comprende:

- recibir datos de migración de una función de orquestación de la red móvil, en el que los datos de migración son indicativos de uno o más puntos de migración a lo largo de una ruta a lo largo de la cual se predice que viajará el

dispositivo móvil, definiendo el uno o más puntos de migración en un formato que es analizable y procesable por el dispositivo móvil las geolocalizaciones respectivas en las cuales se anticipa que un segundo nodo frontera tendrá un mejor ancho de banda y/o latencia para el dispositivo móvil que un primer nodo frontera;

- 5 - en base a los datos de migración y una geolocalización actual del dispositivo móvil, enviar un mensaje de inicio a la función de orquestación antes de alcanzar uno respectivo de los puntos de migración, en el que el mensaje de inicio está configurado para activar la función de orquestación para iniciar la migración del recurso de computación frontera desde el primer nodo frontera al segundo nodo frontera.

- 10 17. Medio legible por ordenador (300) que comprende datos transitorios o no transitorios que representan un programa informático (310), comprendiendo el programa informático instrucciones para hacer que un sistema de procesador realice el procedimiento según la reivindicación 15 o 16.

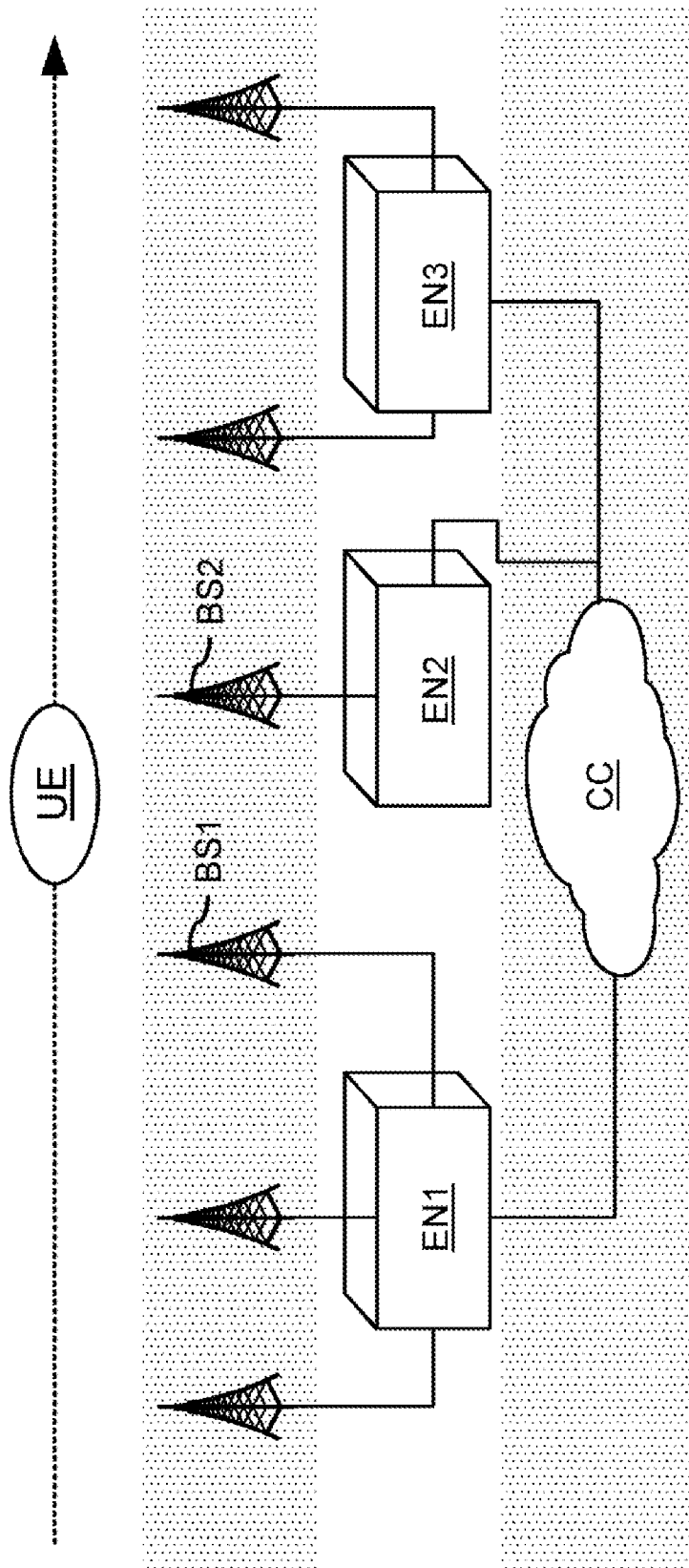


Fig. 1

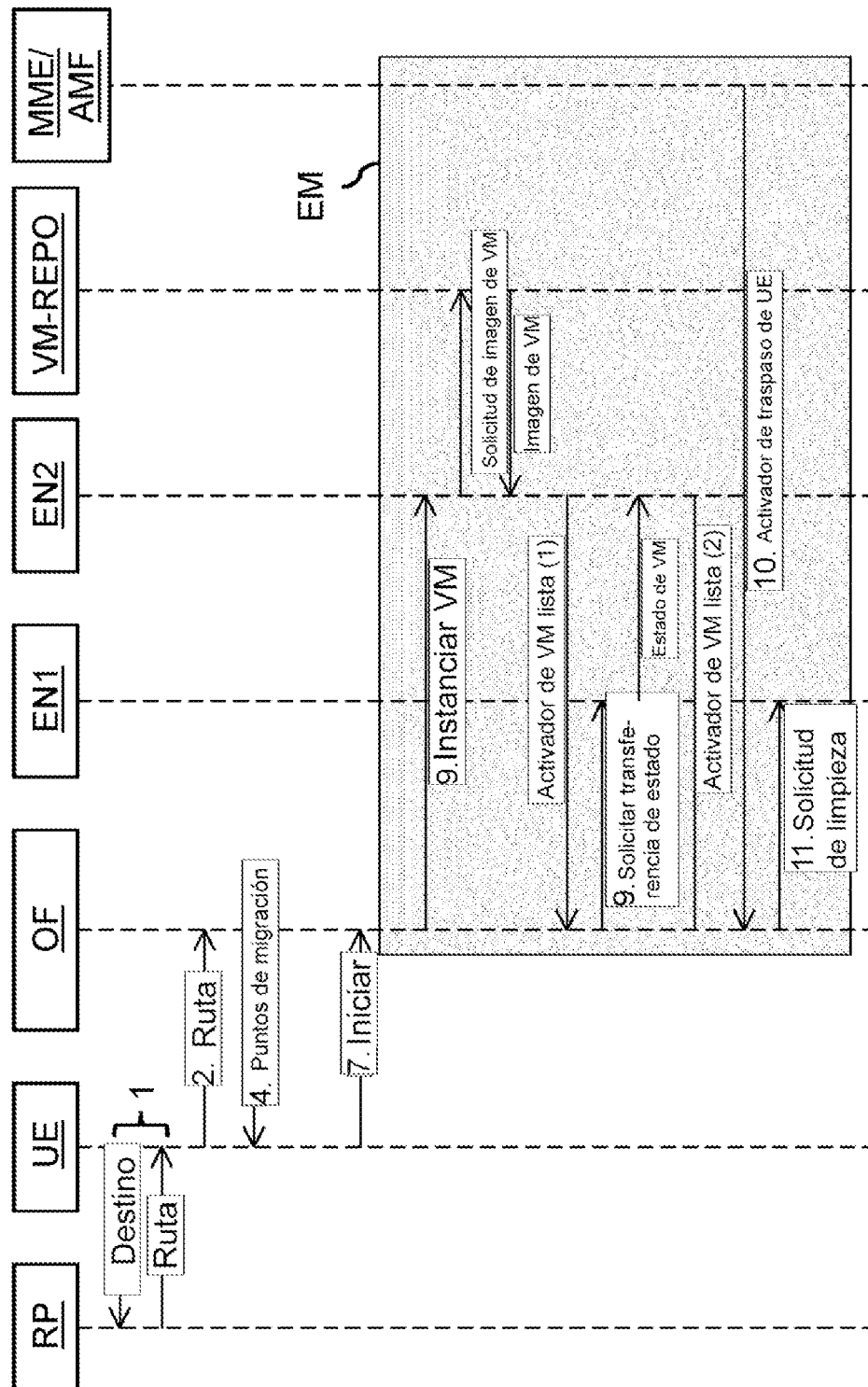


Fig. 2

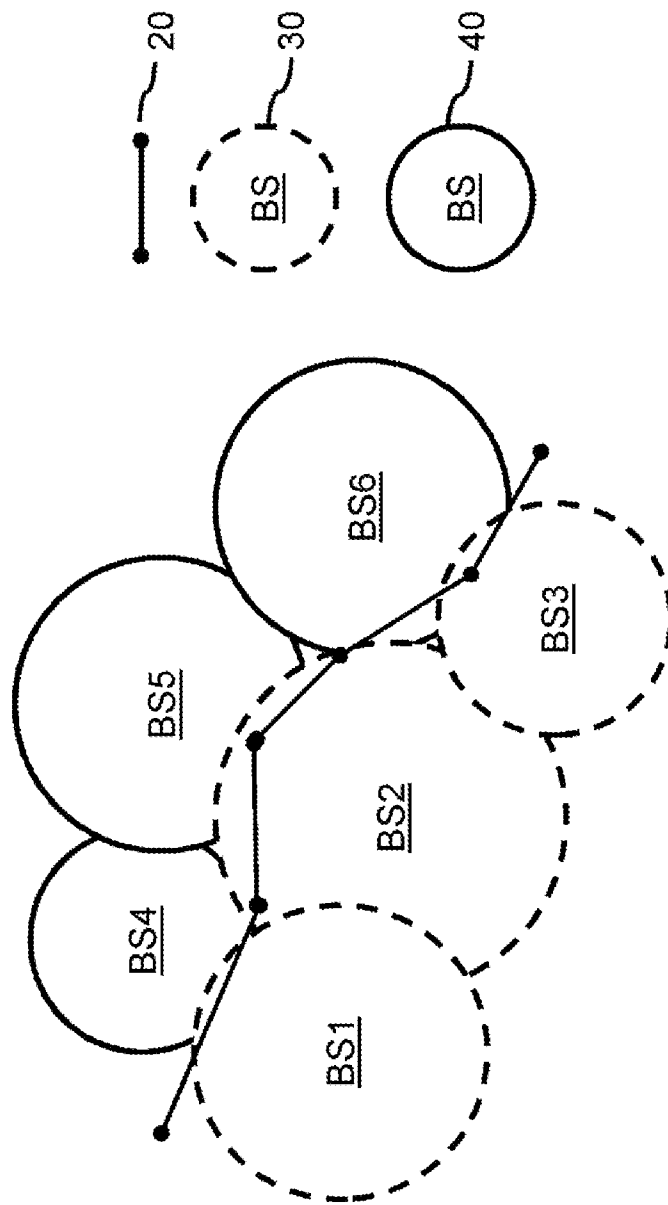


Fig. 3

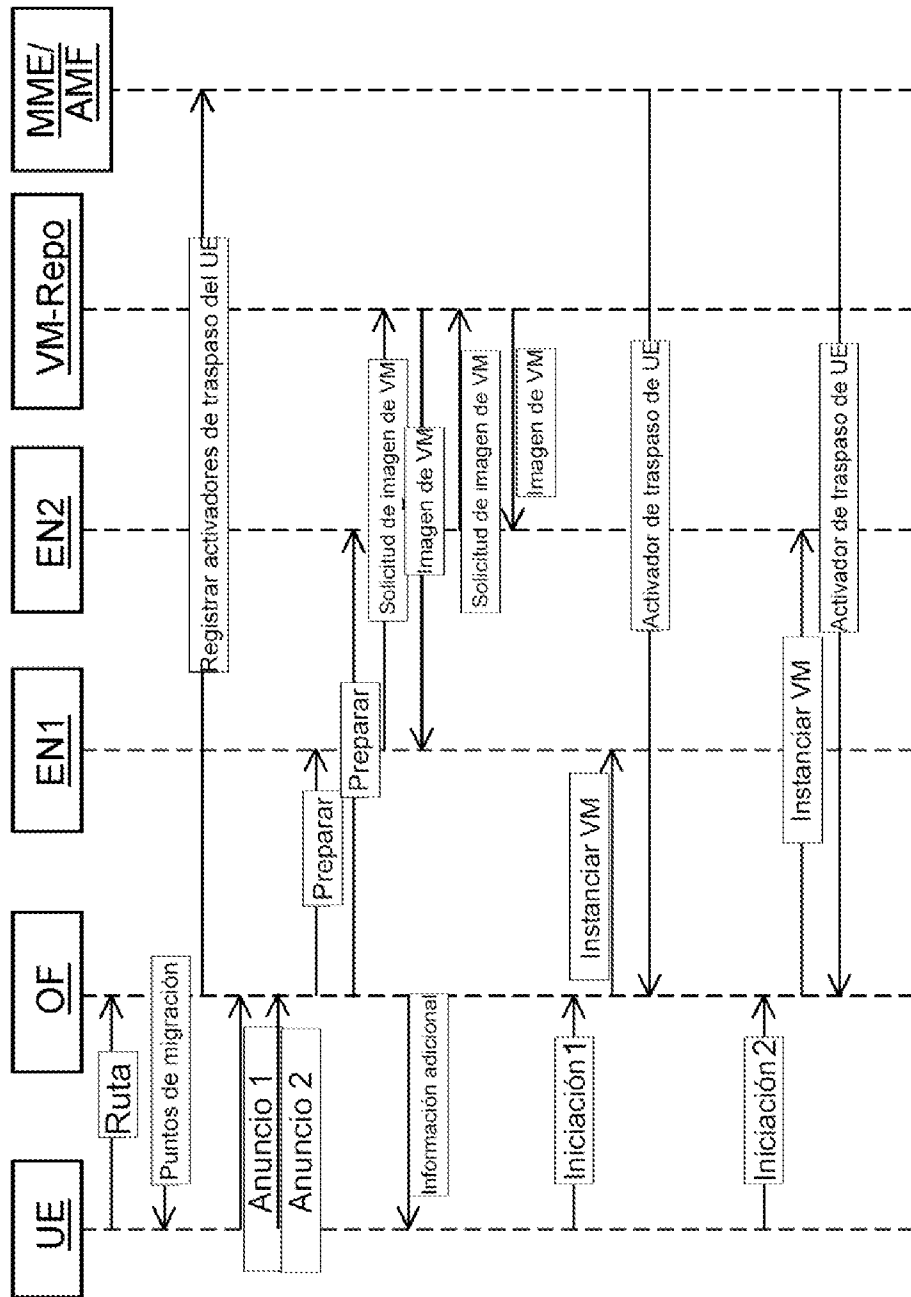


Fig. 4

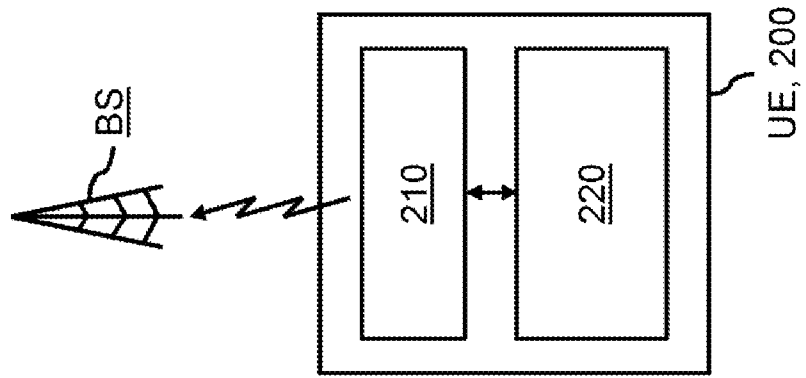


Fig. 6

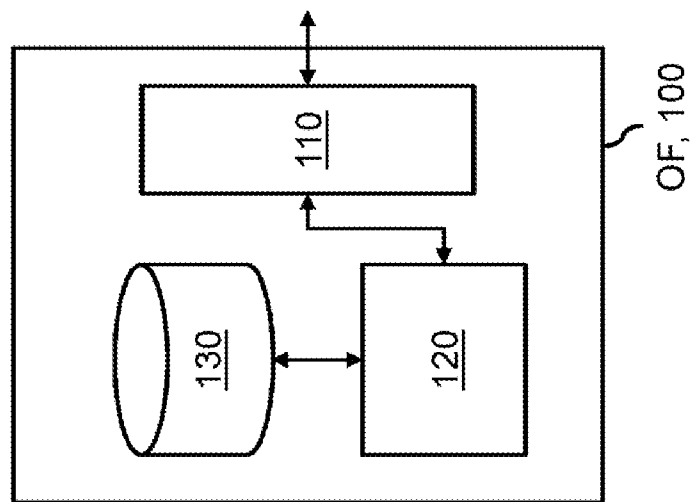


Fig. 5

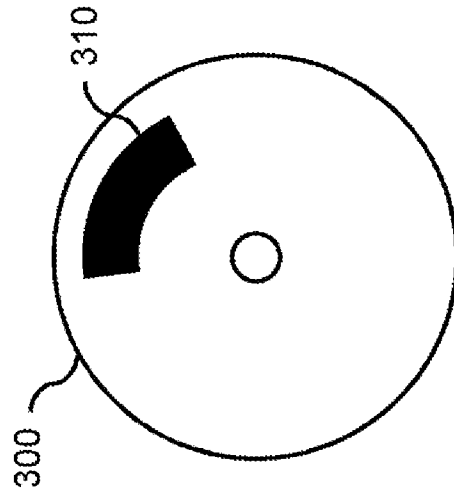


Fig. 7

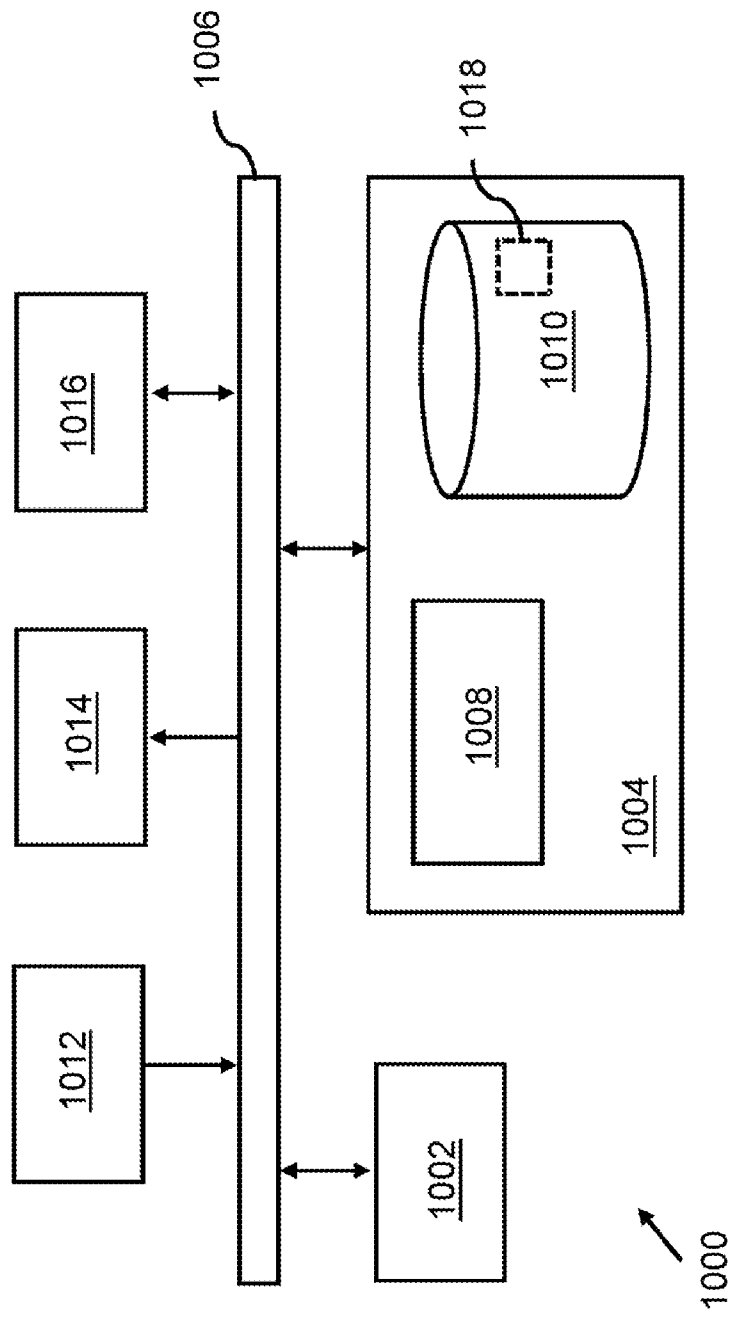


Fig. 8