

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 178**

51 Int. Cl.:

H04W 36/08 (2009.01)
H04W 88/04 (2009.01)
H04W 4/40 (2008.01)
H04W 84/00 (2009.01)
H04L 29/08 (2006.01)
H04W 4/42 (2008.01)
H04W 4/44 (2008.01)
H04W 4/02 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2019** **E 19175345 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.07.2021** **EP 3668129**

54 Título: **Procedimiento y sistema para determinar la ubicación de un vehículo en una red celular**

30 Prioridad:

13.12.2018 EP 18212266

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.12.2021

73 Titular/es:

KONTRON TRANSPORTATION FRANCE SAS
(100.0%)
1 Rue Jean-Pierre Timbaud, Site Immontigny, CS
80737 78180, Montigny le Bretonneux
78066 St Quentin Yvelines Cedex, FR

72 Inventor/es:

TANE, PIERRE;
JACQUES, ROGER;
BOTET, GIL y
GRUET, CHRISTOPHE

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 887 178 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para determinar la ubicación de un vehículo en una red celular

5

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para determinar la ubicación de un vehículo, en particular de un tren en una vía, dentro de una red de telefonía móvil celular.

10

En las redes celulares tradicionales, tales como las redes 3G y 4G según el estándar 3GPP (3rd Generation Partnership Program), se han ideado diferentes técnicas para localizar un objeto móvil en la red. Convencionalmente, el objeto en movimiento, por ejemplo, un vehículo, está equipado con una estación móvil ("equipo de usuario") que calcula su posición midiendo el tiempo de transmisión (time of flight) de las comunicaciones de enlace de bajada recibidas procedentes de diferentes estaciones de base en las proximidades, dando servicio cada estación de base a una célula de la red celular. Por ejemplo, el parámetro "Avance de Tiempo" (TA: Timing Advance) definido en las redes celulares 2G, 3G, 4G y 5G es una medida de tiempo de transmisión de una comunicación inalámbrica entre una estación móvil y su estación de base que le da servicio y está disponible en la estación de base y en la estación móvil (2G, 4G, 5G) o sólo en la estación de base (3G). El avance de tiempo es el tiempo de ida y vuelta (RTT: round trip time) desde la estación móvil a la estación de base y vice versa. A partir de la conocida equivalencia de distancia (d) = velocidad de la luz (c) * tiempo de transmisión ($TA/2$), se pueden determinar las distancias de una estación móvil con respecto a sus estaciones de base cercanas. A partir de al menos tres de estas mediciones de distancia con respecto a estaciones de base dispersas geográficamente, se puede determinar la ubicación de la estación móvil en dos coordenadas (latitud y longitud). Aumentando el número de estaciones de base con respecto a las cuales se pueden realizar mediciones de tiempo de transmisión y, por lo tanto, de distancia, se puede mejorar la precisión de la localización.

20

25

30

Sin embargo, en las redes celulares convencionales el número de estaciones de base es un factor que limita los costes y no se puede aumentar sólo para mejorar la localización. El problema es aún más grave en las redes celulares con una topología lineal, tales como las redes ferroviarias, en las que las estaciones de base están distribuidas una después de otra a lo largo de la vía férrea. Una estación móvil que va montada en un tren se encuentra en la mayoría de los casos dentro del alcance de comunicación de una sola estación de base, por lo que la localización por TA no funciona y se tiene que complementar con una localización convencional por medio de un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS: Global Navigation Satellite System), por ejemplo, con la ayuda de un receptor GNSS en el tren.

35

El documento US2014/233412A1 divulga una estación de base móvil con una red central en un vehículo tal como un tren, sin embargo, esta estación de base se utiliza sólo para establecer "ad-hoc" una micro célula o célula adicional en una red celular fija existente para comunicarse con estaciones móviles de usuarios ordinarios otras estaciones de base móviles.

40

Por lo tanto, es un objetivo de la invención proporcionar una solución mejorada para determinar la ubicación de un vehículo, en particular de un tren en una vía, dentro de una red de telefonía móvil celular con costes reducidos y una mayor precisión de localización.

45

En un primer aspecto de la invención, este problema es resuelto por un procedimiento para determinar la ubicación de un vehículo, en particular de un tren en una vía, que comprende:

montar una estación de base de una red de telefonía móvil celular y una red central de la red de telefonía móvil en el vehículo,

50

montar al menos dos estaciones móviles de la red de telefonía móvil de forma estacionaria en el suelo a una distancia predeterminada entre sí, en el que la distancia entre dos estaciones móviles adyacentes es inferior a una mitad, preferiblemente inferior a una cuarta parte, de un alcance de comunicación de la estación de base,

55

en el que, para cada una de al menos dos estaciones móviles dentro de dicho alcance de comunicación, se determina una medida de tiempo de transmisión de una comunicación inalámbrica entre la estación de base y dicha estación móvil,

en el que la ubicación del vehículo se determina en base a dichas medidas y a las ubicaciones de montaje de dichas al menos dos estaciones móviles, y

60

en el que la ubicación determinada es comunicada a través de la red central a una primera aplicación en el vehículo y/o a través de al menos una de las estaciones móviles y una red intermedia, que conecta las estaciones móviles con una segunda aplicación remota con respecto del vehículo, a dicha segunda aplicación.

65

La solución inventiva da la vuelta a la configuración clásica de estaciones de base estacionarias y estaciones móviles móviles, montando una estación de base y red central completa en un vehículo, por ejemplo un tren, y montando de forma estacionaria una multitud de estaciones móviles en el suelo. En cuanto al aspecto de la comunicación de la red, esto tiene el efecto de que no hay que realizar mecanismos complejos de traspaso cuando el vehículo está en marcha. La estación de base en el vehículo sólo tiene

que gestionar las conexiones (paralelas) con diferentes estaciones móviles, lo que resulta menos problemático que los trasposos de una única estación móvil entre diferentes estaciones de base. Esto se debe al hecho de que una estación de base puede albergar habitualmente múltiples conexiones con estaciones móviles, mientras que una estación móvil sólo suele estar conectada con una sola estación de base. En cuanto al aspecto de la localización, los bajos costes de las estaciones móviles en relación con los altos costes de una estación de base permiten distribuir un número mucho mayor de estaciones móviles fijas de forma estacionaria en el suelo, por ejemplo con distancias entre sí de menos de 500 m en comparación con los tamaños convencionales de célula de estación de base (alcances de comunicación) de, por ejemplo, 5 km. De este modo, el vehículo con la estación de base y la red central montadas en el mismo se puede comunicar con un número mucho mayor de estaciones móviles dentro de su alcance de comunicación, y se pueden medir los tiempos de transmisión y, por lo tanto, las distancias con respecto a un gran número de estaciones móviles dispersas geográficamente y utilizarlas para la localización. De este modo, se puede mejorar la precisión de la localización sin costes significativos ni la necesidad de cambiar ninguno de los estándares de comunicación, simplemente invirtiendo la configuración de las estaciones móviles y la estación de base.

El procedimiento de la invención es especialmente adecuado para un despliegue en redes ferroviarias celulares con topología lineal. Un gran número de estaciones móviles de bajo coste distribuidas a lo largo de la vía puede proporcionar tanto servicios de comunicación como de localización mejorados, sin necesidad de recurrir a la localización asistida por GNSS.

Debido al denso montaje de las estaciones móviles en el suelo, la estación de base en movimiento tiene siempre varias estaciones móviles delante de la misma. Para la comunicación, la estación de base puede seleccionar la estación o estaciones móviles que tengan las mejores condiciones de radio. A diferencia del esquema de despliegue clásico, en el que la calidad de la comunicación de las estaciones móviles puede cambiar entre buenas condiciones de radio cuando están cerca de la estación de base y malas condiciones de radio en un límite del alcance de comunicación de la estación de base, en el procedimiento inventivo siempre se puede seleccionar la mejor estación móvil para la comunicación, lo que produce una calidad de comunicación constantemente buena. Además, la estación de base incluso se puede conectar con múltiples estaciones móviles a la vez y comunicar datos a y desde cada una de las estaciones móviles conectadas. Esto tiene la ventaja de que se pueden establecer múltiples portadores de comunicación para diferentes propósitos. Por ejemplo, se pueden transferir los mismos datos a las estaciones móviles para implementar una comunicación de varias entradas y varias salidas (MIMO: Multiple-Input and Multiple-Output) o variantes de la misma. Alternativamente, también se podrían transferir datos diferentes a través de múltiples estaciones móviles.

Preferiblemente, las estaciones móviles y la estación de base se comunican de forma inalámbrica entre sí según un estándar 4G o 5G del 3GPP o Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3rd Generation Partnership Project). El uso de un estándar 4G o 5G tiene la ventaja de que las estaciones de base (denominadas "eNodoB" en 4G y "gNodoB" en 5G) y las estaciones móviles (denominadas "equipos de usuario", UE, en 4G y 5G) ya tienen funciones bien definidas dentro de la red de telefonía móvil, de tal manera que se pueden utilizar dispositivos comerciales que funcionan correctamente para implementar el procedimiento de la invención. Alternativamente, también se podría utilizar cualquier otro estándar para la comunicación, por ejemplo un estándar 2G o 3G.

Las medidas de tiempo de transmisión (time of flight), por ejemplo, valores de Avance de Tiempo (TA), pueden ser determinadas por las estaciones móviles individuales montadas de forma estacionaria y comunicadas a la estación de base en movimiento o determinadas por esta última. En una primera forma de realización de la invención, cada estación móvil determina su medida de tiempo de transmisión y comunica de forma inalámbrica esta medida e información sobre su ubicación de montaje a la estación de base. En una segunda forma de realización alternativa de la invención, cada estación móvil comunica de forma inalámbrica información sobre su ubicación de montaje a la estación de base, y la estación de base determina las medidas de tiempo de transmisión (time of flight) para todas dichas al menos dos estaciones móviles.

Cuando hay más de dos, preferiblemente más de tres, estaciones móviles dentro del alcance de comunicación de la estación de base, en una forma de realización preferida adicional, la medida e información de ubicación de al menos una estación móvil más alejada con respecto de la estación de base es desestimada cuando se determina su ubicación. De este modo, se puede mejorar aún más la precisión de la localización: La precisión de las medidas de tiempo de transmisión de las estaciones móviles más cercanas a la estación de base suele ser mayor que la de las estaciones móviles más alejadas de la estación de base. Considerando sólo las N estaciones móviles más cercanas de entre M estaciones móviles ($N < M$) dentro del alcance de comunicación, se aumenta la precisión de la localización.

La configuración inventiva de estaciones móviles fijas en el suelo y una estación de base y red central acopladas al vehículo en movimiento también se puede utilizar para proporcionar al vehículo en movimiento información local a lo largo de su camino. Con dicho objetivo, en una forma de realización preferida de la

invención, al menos una de las estaciones móviles recibe información de sensor procedente de un sensor conectado con la misma y comunica de forma inalámbrica dicha información de sensor a la estación de base. En particular, cuando el vehículo es un tren que circula por una vía férrea y las estaciones móviles están montadas de forma estacionaria a lo largo de la vía férrea, el sensor puede detectar el estado de un conmutador de vía férrea o un cruce de vía férrea a lo largo de la vía. De este modo, el tren puede recibir mensajes críticos sobre objetos específicos de vía férrea, tales como conmutadores y cruces, a lo largo de su vía. Debido al bajo coste de las estaciones móviles, por ejemplo, cada conmutador o cruce de vía férrea individual a lo largo de la vía puede estar equipado con una estación móvil y un sensor que informe al tren sobre su estado. De este modo, el tren puede recibir información muy localizada con granularidad fina.

En un segundo aspecto, la invención proporciona un sistema para determinar la ubicación de un vehículo, en particular de un tren en una vía, que comprende:

una estación de base de una red de telefonía móvil celular y una red central de la red de telefonía móvil montadas en el vehículo,

al menos dos estaciones móviles de la red de telefonía móvil montadas de forma estacionaria en el suelo a una distancia predeterminada entre sí, en el que la distancia entre dos estaciones móviles adyacentes es inferior a una mitad, preferiblemente inferior a una cuarta parte, de un alcance de comunicación de la estación de base,

un servidor de localización conectado con la estación de base, cuyo servidor de localización tiene, para cada una de al menos dos estaciones móviles dentro de dicho alcance de comunicación, una medida de tiempo de transmisión de una comunicación inalámbrica entre la estación de base y dicha estación móvil,

en el que el servidor de localización está configurado para determinar la ubicación del vehículo en base a dichas medidas y a información sobre las ubicaciones de montaje de dichas al menos dos estaciones móviles, y

en el que el servidor de localización está configurado para comunicar la ubicación determinada a través de la red central a una primera aplicación en el vehículo y/o a través de al menos una de las estaciones móviles y una red intermedia, que conecta las estaciones móviles con una segunda aplicación remota con respecto del vehículo, a dicha segunda aplicación.

Para el sistema inventivo, se pueden utilizar las mismas formas de realización que se han descrito anteriormente para el procedimiento inventivo. Además, todas las ventajas que se han detallado anteriormente para el procedimiento también son válidas para el sistema inventivo.

La invención se explicará ahora con más detalle a continuación en base a formas de realización de ejemplo preferidas de la misma con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra el sistema inventivo en una vista esquemática, en el que se realiza una comunicación entre una estación de base ubicada en un tren y unas estaciones móviles estacionarias;

La Figura 2 muestra unos componentes del sistema inventivo en un diagrama de bloques esquemático;

La Figura 3 muestra una variante del sistema inventivo de la Figura 1 en una vista esquemática;

La Figura 4 muestra la localización del tren dentro de los sistemas inventivos de las Figuras 1 a 3; y

La Figura 5 muestra otra variante del sistema inventivo para recoger información local procedente de sensores conectados con las estaciones móviles estacionarias.

La Figura 1 muestra un sistema 1, en el que se realiza una comunicación entre una primera aplicación 2 en un tren 3 y una segunda aplicación 4 remota con respecto del tren 3. Remota con respecto del tren 3 significa en este contexto que la segunda aplicación 4 no se encuentra presente en el tren 3, sino que reside, por ejemplo, en un sistema informático estacionario, en un sistema informático transportado por un vehículo diferente, o en un teléfono móvil que es físicamente independiente del tren 3, por ejemplo, llevado por un usuario que viaja en dicho tren 3.

Alternativamente, en lugar de que la primera aplicación 2 se encuentre en el tren 3, la primera aplicación 2 también podría estar en un vehículo diferente, por ejemplo un coche, un camión, un barco, un dron, o algo parecido.

La primera aplicación 2 se encuentra en muchas formas de realización alojada en un cliente de aplicaciones AC (application client) (Figura 2), por ejemplo, en un sistema informático. La primera aplicación 2 puede enviar y recibir paquetes de datos de varios tipos, por ejemplo, paquetes de datos IP de una conexión de datos o de voz sobre IP, o ser un origen o un destino de una llamada de línea conmutada, por ejemplo, una conexión de voz, SMS o fax. La segunda aplicación 4 suele estar alojada en un servidor de aplicaciones AS (application server) o en un cliente de aplicaciones AC diferente y también puede enviar y recibir conexiones de paquetes conmutados o terminar llamadas de conexiones de líneas conmutadas, según se ha descrito anteriormente.

A diferencia de una red clásica de telefonía móvil celular, una estación de base 5 de una red de telefonía móvil celular y una red central 6 de la red de telefonía móvil celular son montadas en el tren 3 en lugar de

una estación móvil. La estación de base 5 tiene un alcance de comunicación R de modo que el alcance de comunicación R se mueve junto con el tren 3 cuando éste se mueve a lo largo de una vía 7.

La estación de base 5 montada en el tren puede ser una estación de base como las utilizadas habitualmente en redes de telefonía móvil o puede estar especialmente adaptada para ser montada en el tren 3, por ejemplo, despojada de las partes innecesarias para este fin. La red central 6 puede incluso reducirse de forma que todas sus funciones necesarias se encuentren incorporadas en un único sistema informático. El cliente de aplicaciones AC y la red central 6 podrían incluso estar integradas en el mismo sistema informático.

A lo largo de la vía 7, al menos dos estaciones móviles 8_i , $i = 1, 2, 3, \dots$, de la red de telefonía móvil están montadas de forma estacionaria, por ejemplo mediante un soporte 8' o pórtico, en el suelo 9. Las estaciones móviles estacionarias 8_i están a su vez conectadas con la segunda aplicación 4, ya sea de forma inalámbrica o por cable.

Con el fin de comunicarse entre la primera aplicación 2 y la segunda aplicación 4, los datos son comunicados entre la primera aplicación 2 y la estación de base 5 a través de la red central 6 en el tren 3.

La estación de base 5 en el tren 3 y al menos una de las estaciones móviles 8_i en el suelo 9 se comunican datos de forma inalámbrica entre las mismas, véanse las comunicaciones inalámbricas C_1, C_2, \dots , en general C_i . Esto se puede hacer según cualquier estándar de comunicación móvil conocido en la técnica, por ejemplo cualquiera de los estándares 3G, 4G o 5G del 3GPP o Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3rd Generation Partnership Project). Esto significa que la estación de base 5 y la estación móvil 8_i utilizan un canal de comunicación específico, por ejemplo, en un rango de frecuencia predefinido para comunicaciones. Si la comunicación se realiza según un estándar 4G, por ejemplo la versión 8 de LTE especificada por el 3GPP o Proyecto de Asociación de Tercera Generación, la estación de base 5 se denomina eNodeB y las estaciones móviles 8_i se denominan equipos de usuario. Si se utiliza un estándar 5G, por ejemplo el definido en IMT-2020 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU: International Telecommunication Union) o el 5G NR especificado por el 3GPP o Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3rd Generation Partnership Project), la estación de base 5 se denomina gNodeB y las estaciones móviles 8_i se denominan equipos de usuario.

Por último, los datos se comunican entre la al menos una estación móvil 8_i en tierra 9 y la segunda aplicación 4, por ejemplo, través de una red intermedia NET. De este modo, se puede conseguir la comunicación entre la primera aplicación 2 en el tren 3 y la segunda aplicación 4 remota con respecto del tren 3.

Cuando se comunican, los datos pueden ser transferidos en una dirección de enlace de subida (desde la primera aplicación 2 a la segunda aplicación 4) o en una dirección de enlace de bajada (desde la segunda aplicación 4 a la primera aplicación 2). Para el enlace de subida y el enlace de bajada, se pueden utilizar diferentes canales de comunicación, por ejemplo, diferentes bandas de frecuencia y/o ranuras de tiempo.

Según se puede ver en la Figura 1, dado que el alcance de comunicación R está definido por la estación de base 5 que viaja con el vehículo, el canal de comunicación utilizado para una comunicación inalámbrica entre la estación de base 5 y las estaciones móviles 8_i sólo está ocupado dentro del alcance de comunicación R. Esto se debe a que sólo la estación de base 5 emite información de control de canal mientras que las estaciones móviles 8_i , en modo inactivo, sólo monitorizan el canal inalámbrico con el fin de detectar la presencia de una estación de base 5 cercana. De este modo, se puede ver que fuera del alcance de comunicación R, un tren 3 diferente podría viajar llevando una estación de base 5 diferente y utilizar el mismo canal de comunicación de forma independiente, incluso con un estándar de comunicación diferente.

Sin embargo, en cuanto dos trenes 3 se acercan entre sí, la comunicación se debe coordinar. Con dicho objetivo, las estaciones móviles 8_i pueden detectar que se acercan varias estaciones de base 5 y proporcionar esta información a las estaciones de base 5. Cada estación de base 5 puede a continuación decidir utilizar únicamente un subconjunto predeterminado del canal de comunicación. Por ejemplo, una de las estaciones de base 5 utiliza la primera mitad de un rango de frecuencia del canal de comunicación y la otra estación de base 5 utiliza la segunda mitad del rango de frecuencia del canal de comunicación. Esto es especialmente útil si la comunicación inalámbrica se realiza por medio de un estándar 4G o 5G, ya que los recursos de canal son ortogonales, de modo que la división del canal de comunicación se puede realizar a través de la frecuencia (por medio de una gestión de bloques de recursos) o del tiempo (por medio de una gestión de subtramas). Por ejemplo, cuando dos trenes 3 viajan en direcciones opuestas, las estaciones de base 5 pueden estar configuradas para gestionar sus comunicaciones de enlace de subida y de bajada considerando una clasificación de bloques de recursos de 1 a $(K/2)$ y de $(K/2)+1$ a K, respectivamente, siendo K el número total de bloques de recursos disponibles. Cuando dos trenes 3 viajan en la misma dirección, las reglas de restricción se podrían referir al número de subtrama. De este modo, se consigue una separación flexible del canal de frecuencia.

Las diferentes estaciones móviles 8_i son montadas cada una con una distancia predeterminada s entre sí que puede ser inferior a una mitad o a una cuarta parte del alcance de comunicación R de la estación de base 5. Si la distancia predeterminada s es la mitad del alcance de comunicación R , esto significa efectivamente que la densidad de estaciones móviles estacionarias 8_i es el doble que la densidad de estaciones de base estacionarias 5 en una red de telefonía móvil clásica. Este aumento de la densidad se puede conseguir porque, en primer lugar, las estaciones móviles 8_i son más baratas que las estaciones de base 5 y, en segundo lugar, porque la estación de base 5 siempre se puede conectar con varias estaciones móviles 8_i al mismo tiempo y no hay que realizar ningún traspaso en estos casos, es decir, una mayor densidad de estaciones de base 5 sólo provocaría más traspasos.

Ahora se explica con referencia a la Figura 2 la comunicación cuando la estación de base 5 se conecta con múltiples estaciones móviles 8_i a la vez. La interfaz inalámbrica entre la estación de base 5 y las estaciones móviles 8_i se muestra con el número 10. Los dispositivos montados en el tren 3 se representan a la izquierda de la interfaz 10 y los dispositivos ubicados en una ubicación remota con respecto del tren 3, tal como el suelo 9, se representan a la derecha de la interfaz 10.

Se puede ver que la estación de base 5 se conecta con tres estaciones móviles 8_i . Más en general, la estación de base 5 se podría conectar con al menos dos estaciones móviles 8_i . Cada una de las conexiones entre la estación de base 5 y las estaciones móviles 8_i suele tener una calidad de servicio (QoS) diferente. Esto significa que la estación de base 5 podría, en principio, seleccionar la estación móvil 8_i con la mejor calidad de servicio.

En algunas formas de realización, sin embargo, puede ser ventajoso establecer un portador de comunicación sobre cada una de las estaciones móviles 8_i , por ejemplo para permitir una comunicación de varias entradas y varias salidas (MIMO: Multiple-Input and Multiple-Output), de una entrada y varias salidas (SIMO: Single-Input and Multiple-Output), o de varias entradas y una salida (MISO: Multiple-Input and Single-Output). En la variante más sencilla, la primera aplicación 2 podría establecer por sí misma portadores de comunicación individuales seleccionando las correspondientes estaciones móviles 8_i .

Como alternativa, se podría montar en el tren 3 una puerta de enlace 11 de conectividad 1:N. Esta puerta de enlace 11 se conecta con la primera aplicación 2 y con la red central 6, actúa como puerta de enlace por defecto para la primera aplicación 1, y gestiona la traducción de conectividad 1:N entre la primera aplicación 1 y la red central 6 montada en el tren 3. Para conseguir esto, la puerta de enlace 11 establece una conexión multi ruta de 1:N entre la primera aplicación 2 y la red central 6, siendo N el número de estaciones móviles 8_i conectadas con la estación de base 5.

La puerta de enlace 11 puede a continuación elegir entre establecer portadores de unidifusión independientes para cada una de las estaciones móviles 8_i conectadas (denotadas por las rutas de comunicación 12) o establecer un único portador de multidifusión (ruta de comunicación 13). Si la puerta de enlace 11 establece un portador de multidifusión, la estación de base 5 comunicará entonces el mensaje de multidifusión a cada una de las estaciones móviles 8_i conectadas. Esto se consigue, por ejemplo, utilizando un estándar LTE que soporta servicios de multidifusión multimedia evolucionada (eMBMS: evolved multimedia broadcast multicast services).

Una puerta de enlace 14 de conectividad N:1 puede además ser montada en el suelo 9 o en una ubicación remota, por ejemplo en la ubicación de la segunda aplicación 4. La puerta de enlace 14 se conecta, por un lado, con las estaciones móviles 8_i a través de, por ejemplo, la red intermedia NET, y, por otro lado, con la segunda aplicación 4. De modo similar a la puerta de enlace 11 de conectividad 1:N, la puerta de enlace 14 de conectividad N:1 puede establecer una conexión multi ruta de N:1 entre las estaciones móviles 8_i y la segunda aplicación 4. Esto se puede hacer estableciendo múltiples portadores de unidifusión 12 o un único portador de multidifusión 13.

La Figura 3 muestra una posible forma de realización de la red intermedia NET. En este caso, la red intermedia NET comprende al menos una estación de base estacionaria 15, por ejemplo una estación de base estacionaria 15 para cada conjunto de cuatro estaciones móviles estacionarias 8_i . La red intermedia NET puede ser, por ejemplo, una red de telefonía móvil regular según la configuración clásica. Cada estación de base estacionaria 15 se conecta a su vez con la segunda aplicación 4, por ejemplo a través de una red central 16. Las estaciones móviles 8_i y la estación de base estacionaria 15 se comunican de forma inalámbrica según cualquier estándar de comunicación por radio conocido en la técnica, ya sea en la misma banda de frecuencia en la que se realiza la comunicación de las estaciones móviles 8_i y la estación de base móvil 5 o en otra banda de frecuencia.

Por ejemplo, las estaciones móviles 8_i podrían realizar comunicaciones de conectividad dual, es decir, comunicarse con la estación de base móvil 5 en el vehículo 3 y al mismo tiempo con la estación de base estacionaria 15 en el suelo 9. Estas comunicaciones de conectividad dual son compatibles con 4G y 5G, por ejemplo. A estos efectos, cada estación móvil estacionaria 8_i podría estar equipada con dos conjuntos de antenas 17, 18, en los que una antena 17 está dirigida hacia la vía 7, por ejemplo con una anchura de

haz de 90° (por ejemplo una antena de doble haz o dos antenas con un divisor), y la otra antena 18 está dirigida hacia la estación de base estacionaria 15 con una alta directividad.

Para utilizar comunicaciones de conectividad dual, en una forma de realización práctica se utiliza un registro dual de tal manera que las estaciones móviles estacionarias 8_i se conectan a la estación de base móvil 5 con un estándar 4G y a la estación de base estacionaria 5 con un estándar 5G o vice versa.

Alternativamente, si las comunicaciones de conectividad dual no son soportadas por la estación móvil 8_i , cada estación móvil 8_i podría tener una segunda estación móvil (que no se muestra) conectada con la misma, por ejemplo cableada con la misma, de tal manera que la estación móvil 8_i se comunica con la estación de base estacionaria 15 a través de la segunda estación móvil.

Si la comunicación entre la estación de base estacionaria 15 y las estaciones móviles 8_i se realiza de acuerdo con el estándar 5G, la estación de base estacionaria 15 puede utilizar unos esquemas de formación de haces de tal manera que tiene un haz dirigido hacia cada estación móvil 8_i . De este modo, se pueden aprovechar al máximo las características soportadas por el estándar 5G para aumentar el rendimiento del sistema.

La Figura 4 muestra el concepto de localización de un vehículo, en este caso el tren 3, a través de los sistemas 1 de las Figuras 1 a 3. Para cada estación móvil 8_i se conoce su ubicación individual de montaje P_i en un sistema de coordenadas de referencia 19 y, por ejemplo, se almacena en la respectiva estación móvil 8_i y/o en un servidor de localización 20 conectado con la estación de base 5. El servidor de localización 20 puede, alternativamente, formar parte de la red central 6, por ejemplo, dentro de una puerta de enlace de la red central 6 con la estación de base 5, o formar parte del cliente de aplicaciones AC o de la aplicación 2.

Las ubicaciones de montaje P_i pueden ser predeterminadas cuando se instalan las estaciones móviles 8_i . Opcionalmente, cada estación móvil 8_i puede medir su ubicación de montaje P_i mediante, por ejemplo, un receptor GNSS en la estación móvil 8_i o mediante técnicas de localización convencionales tal como un servicio de diferencia en el tiempo observada de llegada (OTDOA: Observed Time Difference of Arrival) disponible en la red intermedia NET, cuando ésta tiene la forma de una red de telefonía móvil celular regular con una configuración clásica como la representada para la red NET de la Figura 3.

Si las ubicaciones de montaje P_i de las estaciones móviles 8_i aún no son conocidas por ninguno de los componentes servidor de localización 20, red central 6, cliente de aplicaciones AC y aplicación 2 en el tren 3, las estaciones móviles 8_i comunican de forma inalámbrica información sobre sus ubicaciones P_i a la estación de base 5 cuando se encuentran en el alcance de comunicación R. La información de ubicación se puede incluir en una o más de las comunicaciones inalámbricas C_i utilizadas para la comunicación entre la aplicación 4 y la aplicación 2 o en una comunicación independiente C_i dedicada sólo a este propósito.

Además, para cada estación móvil 8_i actualmente dentro del alcance de comunicación R de la estación de base 5, se determina una medida de tiempo de transmisión de una comunicación inalámbrica C_i entre la estación de base 5 y esa estación móvil 8_i . Esta medida puede ser, por ejemplo, el valor de avance de tiempo (TA) según el estándar 2G, 3G, 4G o 5G, que se determina y actualiza para cualquier estación móvil 8_i atendida o servida por una estación de base 5 dentro de su alcance de comunicación R y que está disponible en sistemas 2G, 4G y 5G tanto en la estación de base 5 como en la respectiva estación móvil 8_i y en sistemas 3G sólo en la estación de base 5. La medida del tiempo de transmisión TA_i de la respectiva estación móvil 8_i se puede determinar, por ejemplo, como la mitad del tiempo de ida y vuelta (RTT) de un paquete de datos enviado desde la estación móvil 8_i a la estación de base 5 y al revés (o vice versa).

Si la medida TA_i es determinada individualmente por cada estación móvil 8_i , será reportada por la respectiva estación móvil 8_i periódicamente a la estación de base 5 a través de las comunicaciones inalámbricas C_i , por ejemplo, junto con la ubicación P_i .

A partir de cada medida de tiempo de transmisión TA_i , se puede determinar la distancia d_i de la respectiva estación móvil 8_i con respecto de la estación de base 5 según la fórmula $d_i = c * TA_i$ (en la que c es la velocidad de la luz). Y a partir de todas las distancias d_i determinadas y de las ubicaciones P_i conocidas de las estaciones móviles 8_i se puede determinar la ubicación P de la estación de base 5 como una intersección geométrica de círculos con los radios d_i y los centros P_i , según se muestra en la Figura 4. Esta determinación se puede realizar en la estación de base 5, en el servidor de localización 20, en la red central 6, en el cliente de aplicaciones AC y/o en la aplicación 2, pero preferentemente en el servidor de localización 20. A partir de repetidas determinaciones de la posición P se puede calcular la velocidad del tren 3.

La ubicación P y/o la velocidad determinadas del vehículo 3 pueden ser transmitidas por el servidor de localización 20 a través de la red central 6 a la primera aplicación 2 en el cliente de aplicaciones AC y/o -a través de la red de estaciones móviles 8_i y la red intermedia NET- a la segunda aplicación 4 en el servidor de aplicaciones AS remoto.

Cuanto más estaciones móviles 8_i se encuentren dentro del alcance de comunicación R de la estación de base 5 al mismo tiempo, más medidas de tiempo de transmisión TA_i y, por lo tanto, más distancias d_i y ubicaciones P_i se pueden considerar cuando se determina la intersección como la ubicación P del tren 3, mejorando la precisión de la determinación. La elección de una distancia mutua s entre cada dos estaciones móviles adyacentes 8_i inferior a una mitad del alcance de comunicación R (en este caso: la longitud del alcance de comunicación R en la dirección de la vía 7 a lo largo de la cual se encuentran distribuidas las estaciones móviles 8_i) garantiza que siempre haya al menos dos estaciones móviles 8_i dentro del alcance de comunicación R cuando el tren 3 circula por la vía 7. Si se reducen aún más las distancias mutuas s a, por ejemplo, un tercio o, preferiblemente, a un cuarto o menos del alcance de comunicación R, aumenta el número de estaciones móviles 8_i que se encuentran concurrentemente dentro del alcance de comunicación R cuando el tren 3 se desplaza y, por lo tanto, se mejora aún más la precisión de la localización.

Por ejemplo, cuando el alcance de comunicación R de la estación de base 5 es de varios km, la distancia s entre dos estaciones móviles adyacentes 8_i puede ser inferior a 1000 m, preferiblemente inferior a 700 m, en particular preferiblemente inferior a 500 m.

Alternativamente, si el alcance de comunicación R es de varias decenas de km, la distancia s puede estar en el rango de varios km, preferiblemente menos de 5 km, en particular preferiblemente menos de 3 km.

Opcionalmente, cuando hay tres o más estaciones móviles 8_i dentro del alcance de comunicación R, sólo se consideran las N estaciones móviles 8_i más cercanas de entre todas las M ($M > N$) estaciones móviles 8_i dentro del alcance de comunicación R cuando se calcula la ubicación P a partir de las distancias d_i y las posiciones P_i . Esto se basa en la idea de que las medidas TA_i o las distancias d_i , respectivamente, de las estaciones móviles 8_i más alejadas de la estación de base 5 suelen ser menos precisas -o al menos producen secciones menos precisas cuando se cruzan o intersectan los círculos con radios d_i - que las de las estaciones móviles 8_i más cercanas.

La Figura 5 muestra otra aplicación de los sistemas 1 de las Figuras 1 a 4. En este caso, una o más de las estaciones móviles 8_i está provista de un sensor 21 – 24 conectado con la misma. Cada sensor 21 – 24 detecta el estado de un objeto en las proximidades de la respectiva estación móvil 8_i o de un entorno local de la estación móvil 8_i . Ejemplos de dichos sensores incluyen un sensor 21 para detectar el estado de un semáforo o de una señal de vía férrea 25, un sensor ambiental 22 para detectar parámetros ambientales tales como la temperatura del aire, la humedad, la velocidad del viento, la lluvia o el hielo, una cámara 23 para tomar imágenes de un área de tráfico, por ejemplo, un cruce 26 de la vía férrea 7 con una calle 27 para coches 28, un sensor 24 para detectar el estado de una barrera de seguridad 29 en el cruce 26, un sensor para detectar el estado de un conmutador de vía férrea a lo largo de la vía 7, o similares.

En la forma de realización de la Figura 5, las estaciones móviles 8_i están configuradas para recibir respectiva información de sensor I_i procedente de los sensores 21 – 24 que están conectados con las mismas y para comunicar de forma inalámbrica la información de sensor I_i en una de las comunicaciones inalámbricas C_i con la estación de base 5. La información de sensor I_i recogida por la estación de base 5 a lo largo del recorrido del vehículo 3 es transmitida a través de la red central 6 a la aplicación 2 en el vehículo 3. La información de sensor I_i también se puede enviar a través de la red intermedia NET a la segunda aplicación 4.

La invención no se limita a las formas de realización específicas que se han descrito en detalle en el presente documento, sino que abarca todas las variantes, combinaciones y modificaciones de las mismas que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la ubicación de un vehículo, en particular de un tren en una vía, **caracterizado por el hecho de que comprende:**

montar una estación de base (5) de una red de telefonía móvil celular y una red central (6) de la red de telefonía móvil en el vehículo (3),

montar al menos dos estaciones móviles (8_i) de la red de telefonía móvil de forma estacionaria en el suelo (9) a una distancia predeterminada (s) entre sí, en el que la distancia (s) entre dos estaciones móviles adyacentes (8_i) es inferior a una mitad, preferiblemente inferior a una cuarta parte, de un alcance de comunicación (R) de la estación de base (5),

en el que, para cada una de al menos dos estaciones móviles (8_i) dentro de dicho alcance de comunicación (R), se determina una medida de tiempo de transmisión (TA_i) de una comunicación inalámbrica (C_i) entre la estación de base (5) y dicha estación móvil (8_i),

en el que la ubicación (P) del vehículo (3) se determina en base a dichas medidas (TA_i) y a las ubicaciones de montaje (P_i) de dichas al menos dos estaciones móviles (8_i), y

en el que la ubicación determinada (P) es comunicada a través de la red central (6) a una primera aplicación (2) en el vehículo (3) y/o a través de al menos una de las estaciones móviles y una red intermedia (NET), que conecta las estaciones móviles (8_i) con una segunda aplicación (4) remota con respecto del vehículo (3), a dicha segunda aplicación (4).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el vehículo (3) es un tren en una vía (7) y las estaciones móviles (8_i) son montadas de forma estacionaria a lo largo de la vía (7).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que cada estación móvil (8_i) determina su medida de tiempo de transmisión (TA_i) y comunica de forma inalámbrica esta medida (TA_i) e información sobre su ubicación de montaje (P_i) a la estación de base (5).

4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que cada estación móvil (8_i) comunica de forma inalámbrica información sobre su ubicación de montaje (P_i) a la estación de base (5), y en el que la estación de base (5) determina las medidas de tiempo de transmisión (TA_i) para todas dichas al menos dos estaciones móviles (8_i).

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que, cuando hay más de dos, preferiblemente más de tres, estaciones móviles (8_i) dentro del alcance de comunicación (R) de la estación de base (5), se desestima la medida (TA_i) y la información de ubicación (P_i) de al menos una estación móvil (8_i) más alejada con respecto de la estación de base (5) en la determinación de la ubicación (P) del vehículo (3).

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha medida (TA_i) es un valor de avance de tiempo según un estándar 2G, 3G, 4G o 5G.

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que al menos una de las estaciones móviles (8_i) recibe información de sensor (I_i) procedente de un sensor (21 – 24) conectado con la misma y comunica de forma inalámbrica dicha información de sensor (I_i) a la estación de base (5).

8. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 7, en el que el sensor (23, 24) detecta un estado de un conmutador o cruce de vía férrea (27) a lo largo de la vía (7).

9. Sistema para determinar la ubicación de un vehículo, en particular de un tren en una vía, que comprende: una estación de base (5) de una red de telefonía móvil celular y una red central (6) de la red de telefonía móvil, y

un servidor de localización (20) conectado con la estación de base (5),

caracterizado por el hecho de que

la estación de base (5) y la red central (6) están montadas en el vehículo (3), **de que**

el sistema comprende además al menos dos estaciones móviles (8_i) de la red de telefonía móvil montadas de forma estacionaria en el suelo (9) a una distancia predeterminada (s) entre sí, en el que la distancia (s) entre dos estaciones móviles adyacentes (8_i) es inferior a una mitad, preferiblemente inferior a una cuarta parte, de un alcance de comunicación (R) de la estación de base (5), y **de que**

el servidor de localización (20) tiene, para cada una de al menos dos estaciones móviles (8_i) dentro de dicho alcance de comunicación (R), una medida de tiempo de transmisión (TA_i) de una comunicación inalámbrica (C_i) entre la estación de base (5) y dicha estación móvil (8_i),

en el que el servidor de localización (20) está configurado para determinar la ubicación (P) del vehículo (3) en base a dichas medidas (TA_i) y a información sobre las ubicaciones de montaje (P_i) de dichas al menos dos estaciones móviles (8_i), y

en el que el servidor de localización (20) está configurado para comunicar la ubicación determinada (P) a través de la red central (6) a una primera aplicación (2) en el vehículo (3) y/o a través de al menos una de

las estaciones móviles (8_i) y una red intermedia (NET), que conecta las estaciones móviles (8_i) con una segunda aplicación (4) remota con respecto del vehículo (3), a dicha segunda aplicación (4).

5 10. Sistema según la reivindicación 9, en el que el vehículo (3) es un tren en una vía (7) y las estaciones móviles (8_i) están montadas de forma estacionaria a lo largo de la vía (7).

10 11. Sistema según la reivindicación 9 o 10, en el que cada estación móvil (8_i) está configurada para determinar su medida de tiempo de transmisión (TA_i) y comunicar de forma inalámbrica esta medida (TA_i) e información sobre su ubicación de montaje (P_i) a la estación de base (5).

15 12. Sistema según la reivindicación 9 o 10, en el que cada estación móvil (8_i) está configurada para comunicar de forma inalámbrica información sobre su ubicación de montaje (P_i) a la estación de base (5), y en el que la estación de base (5) está configurada para determinar las medidas de tiempo de transmisión (TA_i) para todas dichas al menos dos estaciones móviles (8_i).

20 13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el servidor de localización (20) está configurado para, cuando hay más de dos, preferiblemente más de tres, estaciones móviles (8_i) dentro del alcance de comunicación (R) de la estación de base (5) y cuando determina la ubicación (P), desestimar la medida (TA_i) y la información de ubicación (P_i) de al menos una estación móvil (8_i) más alejada con respecto de la estación de base (5).

25 14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que al menos una de las estaciones móviles (8_i) tiene un sensor (21 – 24) conectado con la misma y está configurada para recibir información de sensor (I_i) procedente de dicho sensor (21 – 24) y para comunicar de forma inalámbrica dicha información de sensor (I_i) a la estación de base (5).

15. Sistema según las reivindicaciones 10 y 14, en el que el sensor (23, 24) detecta un estado de un conmutador de vía férrea o de un cruce de vía férrea (27) a lo largo de la vía (7).

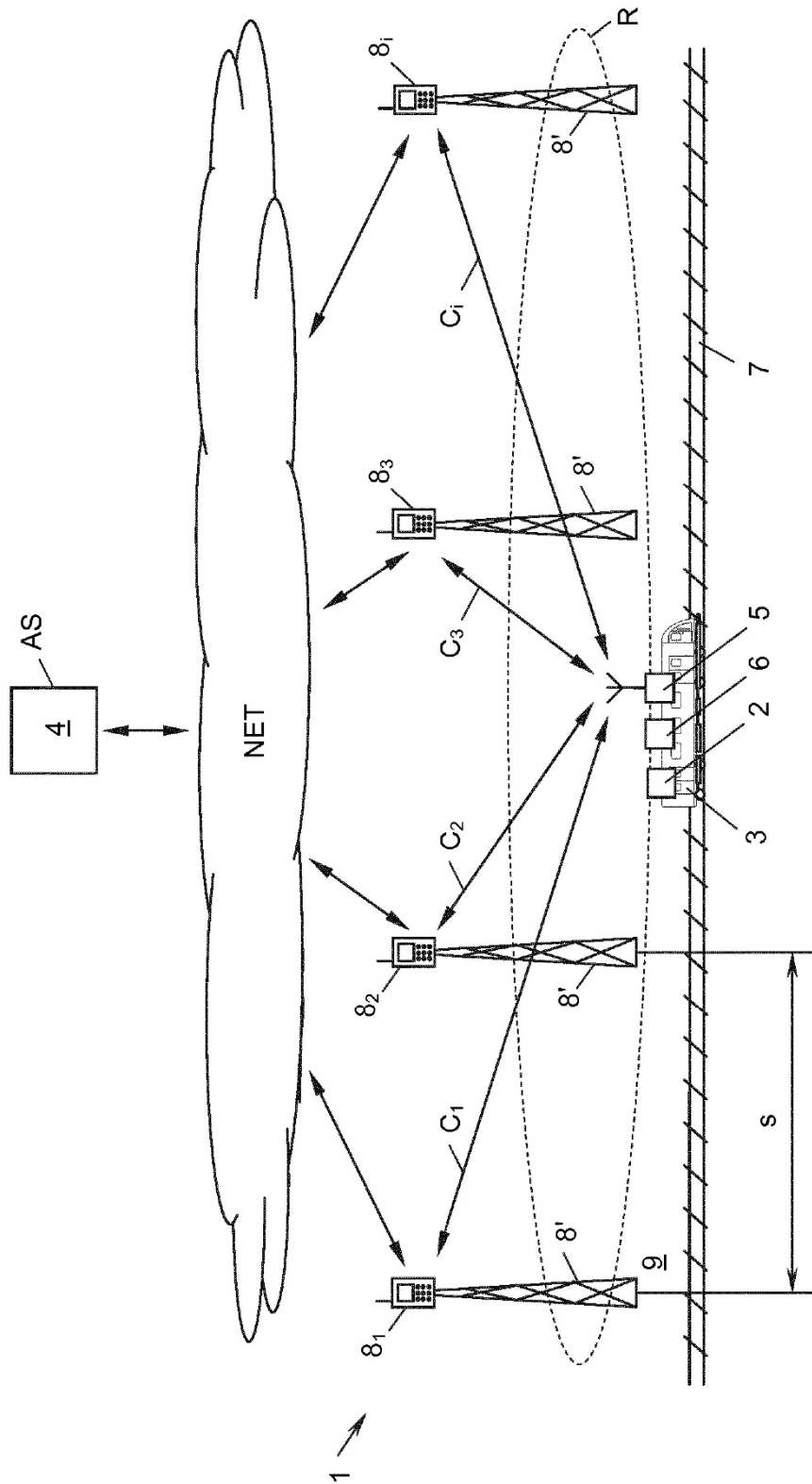


Fig. 1

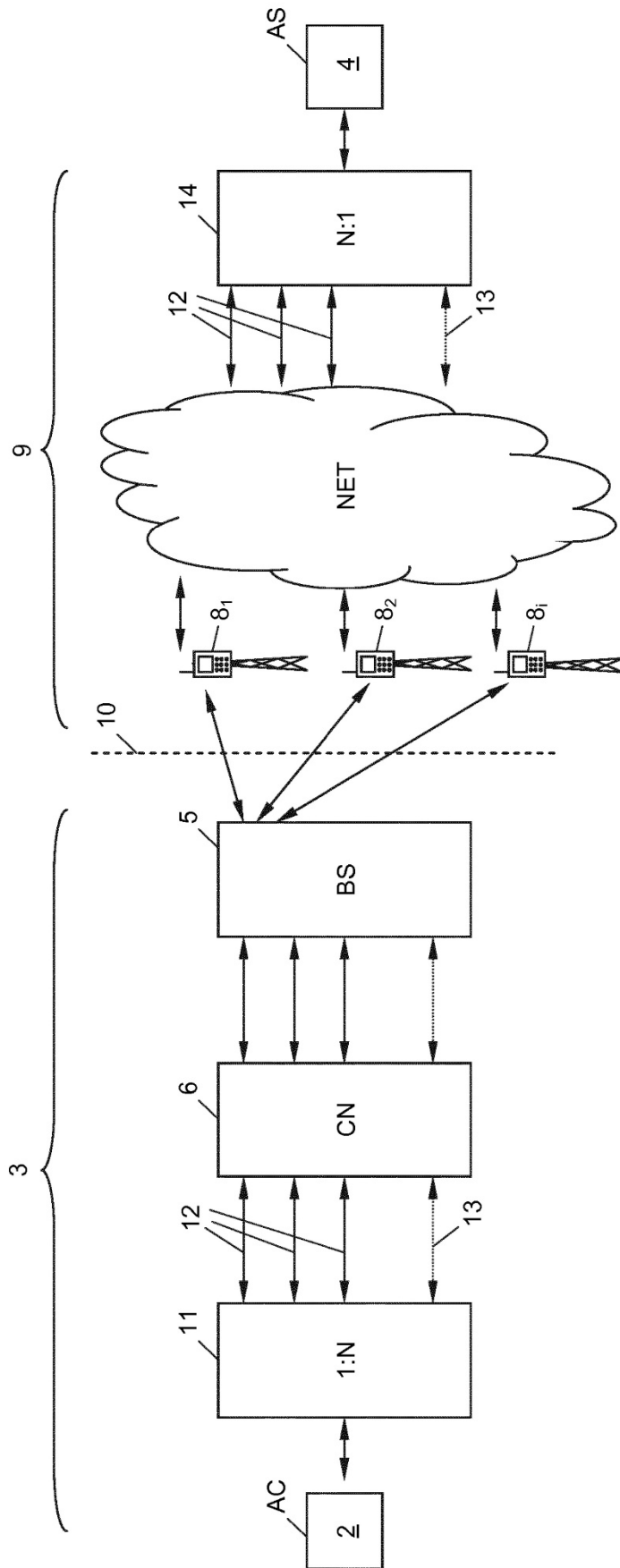


Fig. 2

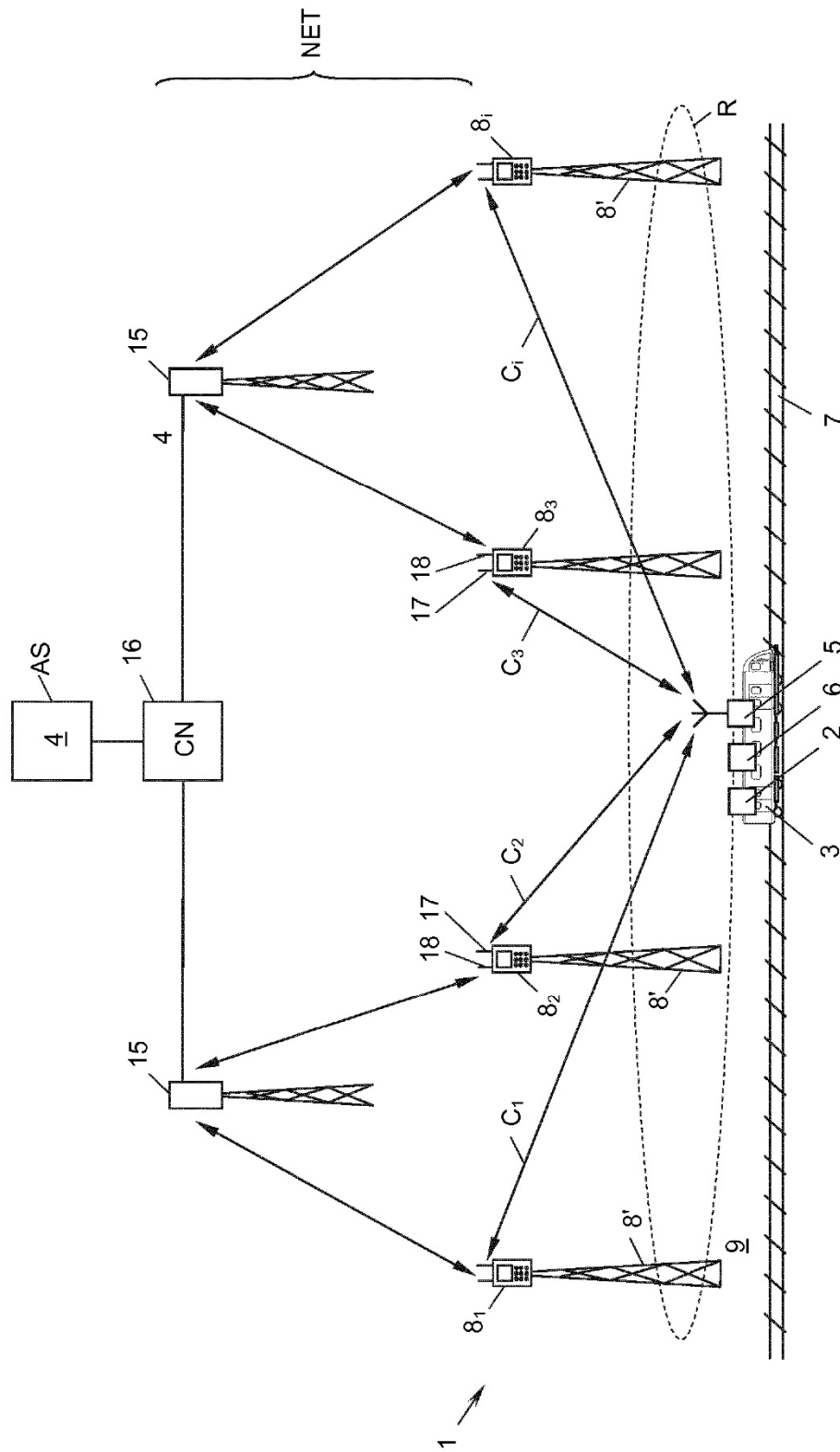


Fig. 3

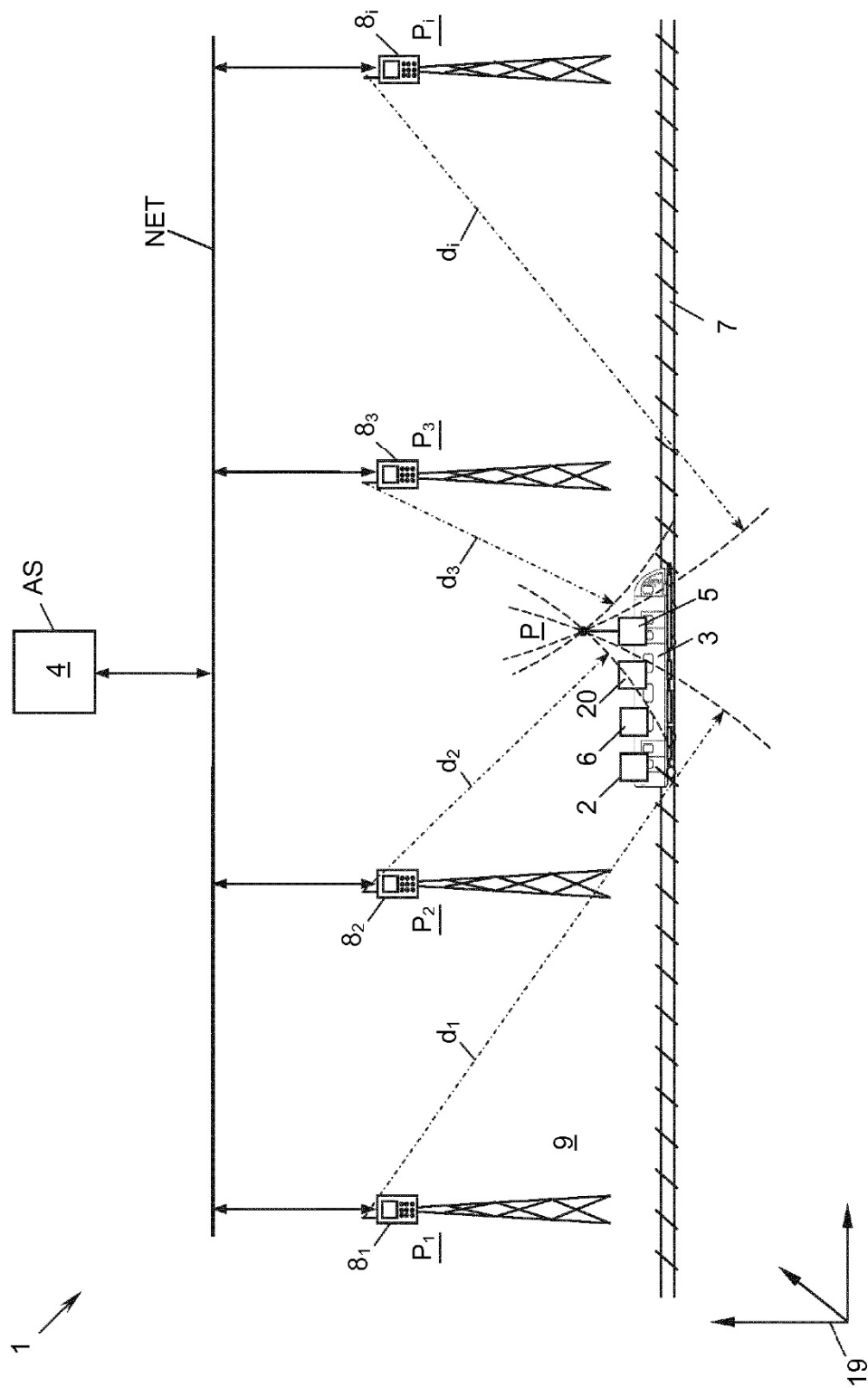


Fig. 4

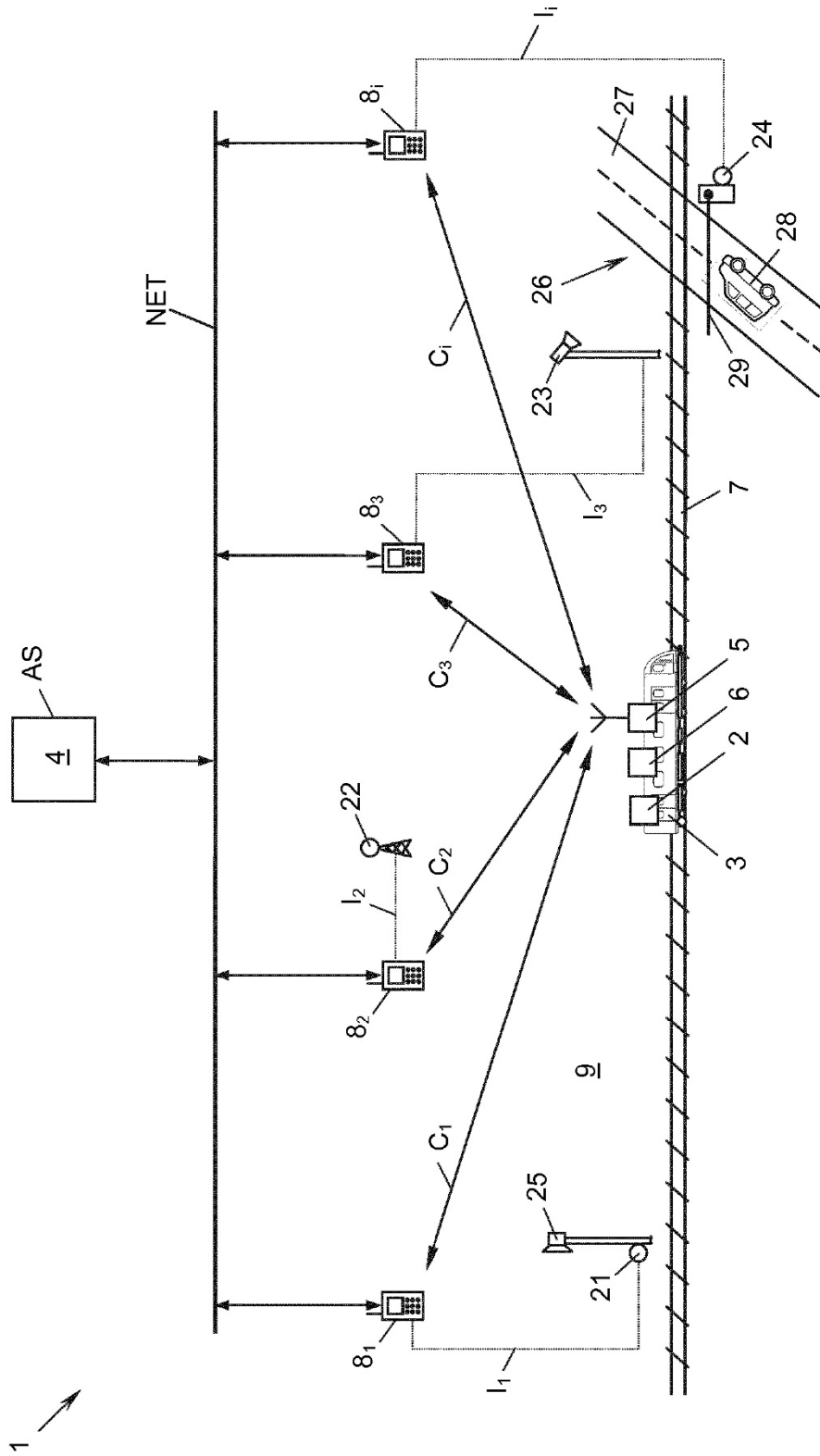


Fig. 5