



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 335 317**

(51) Int. Cl.:
H04W 72/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **07724124 .8**

(96) Fecha de presentación : **10.04.2007**

(97) Número de publicación de la solicitud: **2016721**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **21.01.2009**

(54) Título: **Sistema de radiotransmisión y procedimiento para su funcionamiento.**

(30) Prioridad: **10.05.2006 DE 10 2006 021 831**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.03.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.03.2010

(73) Titular/es: **Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG.**
Mühldorfstrasse 15
81671 München, DE

(72) Inventor/es: **Greiner, Gunter y**
Bott, Rainer

(74) Agente: **Carpintero López, Mario**

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).

ES 2 335 317 T3

DESCRIPCIÓN

Sistema de radiotransmisión y procedimiento para su funcionamiento.

5 La invención se refiere a un sistema de radiotransmisión y un procedimiento correspondiente para su funcionamiento.

10 Los conceptos modernos de redes de radiotransmisión, como los conceptos Network-Centric-War-fare, proporcionan informaciones de una forma adecuada y sin retardo de tiempo en todos los sitios donde son necesarias. Ya en la actualidad se están desarrollando con gran intensidad sistemas de comunicación adecuados; se exigen unos requisitos estrictos de los mismos, p. ej. una gran movilidad, la máxima interoperabilidad posible (p. ej. también con autoridades civiles (autoridades y organizaciones con funciones de seguridad)), transparencia de las redes (alámbricas/inalámbricas, PSTN, ISDN, LAN, WAN/red de radiotransmisión/red de radioenlace dirigido, militar/civil), accesibilidad universal, transmisión de informaciones en la combinación reconocimiento/dirección/efecto: informe sobre la posición, representación de la situación, identificación de amigo o enemigo, datos de sensores, imágenes de cámaras digitales, seguimiento por GPS, e-mail, mensajes cortos, otros servicios IP, posibilidad de conexión en red móvil espontánea (MANET) e independencia de una infraestructura.

20 El tipo de la comunicación de usuarios altamente móviles de una red, como de tropas tácticas, cambia cada vez más. Hasta ahora, el objetivo principal era casi exclusivamente la aplicación "comunicación segura por voz", es decir, por voz codificada y resistente a posibles fuentes de parásitos.

25 Actualmente, además de la radiotelefonía existe cada vez más el deseo de una conexión en red de distintos usuarios de la comunicación con accesibilidad personal. Este tipo de conexión en red requiere una interoperabilidad de las técnicas de comunicación y una integración de redes para formar sistemas combinados.

30 Por razones de la interoperabilidad, para la conexión en red de la comunicación de datos a través de las distintas redes es necesario el uso de protocolos de Internet, p. ej. TCP/IP. La realización radiotécnica puede ser de banda estrecha, p. ej. con 1.5 MIL-STD-188-220 B. El estándar especifica los niveles inferiores de protocolo para una interoperabilidad de equipos radioeléctricos tácticos.

35 La radiotransmisión táctica está basada en canales que actualmente tienen un ancho de banda de 25 kHz, a través de los cuales pueden transmitirse habitualmente 16 kbit/s bruto, con FEC hasta 9,6 kbit/s. El uso de protocolos de Internet estándares para la realización de una conexión en red móvil espontánea (MANET) en la radiocomunicación militar sería una solución rápida y económica. No obstante, esto requiere velocidades de datos del orden de Mbit/s y, por lo tanto, anchos de banda del orden de MHz. Por lo tanto, no pueden usarse en los canales radioeléctricos que sólo tienen un ancho de 25 kHz. Los equipos radioeléctricos con anchos de banda tan grandes, hasta ahora no se han usado en el área táctica hasta el nivel de una compañía.

40 En el caso de una propagación de las señales de radio a lo largo de la superficie terrestre (es decir, sin propagación en el espacio libre como en el caso de plataformas volantes), los equipos radioeléctricos con elevadas velocidades de datos y, por lo tanto, con grandes anchos de banda de la señal están sujetos a las siguientes restricciones: Para un empleo efectivo es recomendable una gama de frecuencias más elevada (225 MHz a 400 MHz, pero también de hasta 2 GHz o más). No obstante, el alcance de las señales de radio se reduce a medida que aumenta la frecuencia. El aumento de la potencia de emisión sólo aumenta este alcance moderadamente. Si la potencia de emisión se multiplica por ocho, el alcance sólo se duplica.

50 El ancho de banda necesario es proporcional a la velocidad de datos deseada. No obstante, el alcance se reduce a medida que aumenta el ancho de banda. Esto conlleva que al aumentarse la velocidad de datos de 16 kbit/s a 1,6 Mbit/s, el alcance se reduce aprox. lo que corresponde al factor 5. Puesto que unos anchos de banda grandes requieren por lo general frecuencias de emisión más elevadas, porque, por ejemplo, ya no puede aprovecharse la gama de frecuencias táctica de 30 MHz a 88 MHz por el gran ancho de banda y la ocupación densa, debe contarse con otra pérdida de alcance.

55 Unos tipos de modulación de orden superior requieren relaciones señal/ruido más elevadas, por lo que se consigue con la misma potencia de emisión un menor alcance que en caso de usarse procedimientos de modulación más sencillos.

60 El número de equipos radioeléctricos necesarios para la cobertura por radiotransmisión depende en gran medida del alcance. Este depende a su vez de la gama de frecuencias, de la relación señal/ruido necesaria, de la velocidad de datos o del ancho de banda de la señal y de la potencia de emisión.

Los documentos 196 51 593 A1 y DE 198 07 931 A1 se refieren a una optimización de estos parámetros.

65 Los equipos radioeléctricos de banda ancha para elevadas velocidades de datos son sin duda alguna la solución ideal para la comunicación conectada en red. No obstante, su alcance de radiotransmisión está limitado. Los equipos radioeléctricos con canales de 25 kHz se caracterizan por velocidades de datos medias, grandes alcances y procedimientos de modulación robustos. Por lo tanto, son imprescindibles en el uso táctico. Además de ofrecer una radiotelefonía

segura, pueden ser integrados en redes de datos actuales y futuras con protocolos que soportan IP, como MIL-STD-188-220 B.

5 Con el MIL-STD-188-220 B pueden realizarse incluso redes autoorganizadas con enrutamiento automático, en las que se soportan aplicaciones basadas en el protocolo de Internet IP. De este modo puede ampliarse la radiotelefonía táctica convencional resultando una red de campo de combate digital, como está representado en la fig. 1.

10 El sistema de hardware/software combinado 1 garantiza la comunicación Internet/intranet moderna a través de distintos medios de transmisión. El sistema "Signal Management & Control System 2" automatiza la radiocomunicación en barcos, mientras que el sistema "Signal Management & Control System 3" organiza la radiocomunicación de las unidades con base en tierra firme. Todos los sistemas 1 a 3 están integrados en la red *ad hoc* MANET 4.

15 Las propiedades de las redes alámbricas y las redes de radiotransmisión (casi estacionarias) con elevadas velocidades de datos, como por ejemplo redes de radioenlace dirigido, se distinguen considerablemente de redes de radiotransmisión tácticas móviles. Los equipos radioeléctricos tácticos que se usan convencionalmente ofrecen actualmente velocidades de datos de un máximo de 16 kbit/s. La generación de equipos radioeléctricos recientemente introducidos en el mercado soporta hasta 72 kbit/s.

20 Los equipos radioeléctricos para la radiotelefonía táctica con velocidades de datos del orden de Mbit/s aún están en la fase de desarrollo. Las soluciones comerciales, como por ejemplo WLAN, sólo ofrecen una solución satisfactoria en casos especiales, puesto que trabajan exclusivamente en una frecuencia predeterminada. El inconveniente esencial de esta solución es que, p. ej., no está protegida contra perturbaciones radioeléctricas intencionadas. Otros inconvenientes de un sistema monocanal se evitan en equipos radioeléctricos de banda ancha modernos futuros gracias a las propiedades que se describirán a continuación, como p. ej. la adaptación de la forma de onda a la calidad variable del canal.

30 La forma de onda es habitualmente y también en el marco de esta solicitud el concepto que describe la señal de radio en el aire e incluye p. ej. además del tipo de modulación, la velocidad de datos y, dado el caso, la secuencia de saltos de frecuencia o el código de dispersión también la codificación y el cifrado, así como protocolos en el caso de procedimientos modernos.

La calidad y, por lo tanto, la capacidad de los canales radioeléctricos en el uso móvil depende de la topología y de la naturaleza del terreno, así como de la distancia que ha de ser cubierta.

35 Es decir, la capacidad de canal disponible puede variar entre la velocidad de datos máxima de un equipo radioeléctrico de banda ancha de p. ej. 2 Mbit/s y la de un equipo radioeléctrico de banda estrecha de pocos kbit/s. Además, las propiedades de los canales radioeléctricos son marcadas por las condiciones supletorias físicas. Estas con, p. ej.: amortiguación, reflexión, refracción, difracción, desplazamiento de Doppler.

40 Conducen a perturbaciones de la recepción, propagación por trayectorias múltiples y pérdidas selectivas en frecuencia y variables en función del tiempo. La propiedad de la radiocomunicación afectada por ello es sustancialmente la calidad de la señal, que depende de la relación señal/ruido, la distorsión de la señal provocada por el canal y la inestabilidad (jitter) de la señal y en función de ello la capacidad del canal (velocidad de datos/ancho de banda), la tasa de error de bit BER (Bit Error Rate) y el alcance.

45 Las redes de radiotransmisión pueden representar en determinados casos de aplicación, en particular, cuando hay grandes distancias entre los nodos radioeléctricos, llamados cuellos de botella en las redes. Para conseguir un uso satisfactorio de las redes, a pesar de las posibles restricciones temporales de la capacidad y calidad de los canales que resultan de la movilidad de las redes de radiotransmisión y sus propiedades físicas, deben estudiarse varias medidas y realizarse en las redes futuras.

50 Como se puede ver en el documento DE 10 2005 030 108 A1 no previamente publicado, los sistemas modernos de radiotransmisión están concebidos de tal forma que pueden adaptarse de forma adaptiva a escenarios variables de características muy diferentes. p. ej han de esperarse escenarios que presentan una mayor densidad de equipos radioeléctricos que comunican unos con otros a distancias cortas. Para las redes de radiotransmisión tan homogéneas, las redes *ad hoc* móviles adaptadas con un procedimiento de enrutamiento (routing) adecuado son una solución adecuada para una accesibilidad total de todos los usuarios de la red.

60 No obstante, también son posibles situaciones en las que deben conectarse un nodo radioeléctrico o un número reducido de nodos radioeléctricos a través de una distancia larga a una estación de radio central. Otro escenario, que representa un escenario intermedio entre los escenarios extremos indicados, son redes con una densidad menor y unas distancias medias para la radiotransmisión. Además, serán posibles formas intermedias entre estos escenarios, p. ej. islas de redes parciales con distancias menores para la radiotransmisión, que deben mantener una comunicación con otros usuarios con parámetros similares a través de distancias relativamente grandes.

65 Cuando unos equipos radioeléctricos trabajan con una elevada velocidad de transmisión, la banda ancha necesaria que resulta de ello conduce a alcances de radiotransmisión considerablemente limitados. Cuando en un uso móvil, un usuario de la red sale del alcance de radiotransmisión de los demás usuarios de la red, queda separado de la

comunicación. Puesto que los usuarios de la red usan una forma de onda común, basada en un ancho de banda definido, el usuario de la red “separado” por lo general ya no puede conseguir un restablecimiento de la radiocomunicación mediante medidas unilaterales. Es necesario que los sistemas de radiotransmisión tengan implementados mecanismos correspondientes para estos casos.

Los sistemas de radiotransmisión según el documento DE 10 2005 030 108 A1 están concebidos especialmente para el uso flexible altamente móvil en los escenarios más diversos. Los sistemas de radiotransmisión concebidos de este modo se caracterizan por una capacidad de adaptación altamente desarrollada que permite al sistema adaptarse a canales radioeléctricos con las calidades de canal más diversas. No obstante, en el documento DE 10 2005 030 108 A1 no está descrito como consiguen los sistemas de radiotransmisión el objetivo de mantener las radiocomunicaciones requeridas y medir la calidad de los canales.

El documento US-A-2003/0108016 indica un procedimiento y un dispositivo para conmutar entre redes WAN y *ad hoc* para un terminal móvil en función de la calidad de recepción de una señal “probing”. La señal “probing” es emitida por un nodo last-hop de la red *ad hoc* e indica así la disponibilidad de un canal *ad hoc*.

El documento US-A-2004/0185887 describe un equipo de comunicación multimodal, que puede establecer varias conexiones de comunicación con una unidad peer. Basándose en criterios previamente definidos, como p. ej. los requisitos de calidad, se selecciona una interfaz radio preferible, soportada por la unidad peer. Durante este proceso se realiza periódicamente una medición de los canales de todas las interfaces soportadas. La selección del canal se realiza en función de los resultados de medición.

El documento US-A-2004/0266493 indica una conmutación entre interfaces radio low power y high power de un terminal radio multimodal. La conmutación se realiza aquí en función del estado del canal, del ancho de banda requerido y/o del estado de la batería.

La presente invención tiene el objetivo de crear un sistema de radiotransmisión y un procedimiento para su funcionamiento con los que los equipos radioeléctricos puedan establecer o mantener radiocomunicaciones con las estaciones secundarias, que son necesarias para la transmisión de las informaciones a través de uno o varios nodos radioeléctricos.

El objetivo se consigue mediante un sistema de radiotransmisión según la reivindicación 1 y un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de radiotransmisión según la reivindicación 13. Las reivindicaciones subordinadas se refieren a variantes ventajosas de la invención.

A continuación, un ejemplo de realización de la invención se describirá más detalladamente con ayuda del dibujo. En el dibujo muestran:

La figura 1 un ejemplo de una red de campo de combate digital;

la figura 2 un diagrama de bloques de una estructura de capas del sistema de radiotransmisión que puede usarse en el marco de la invención;

la figura 3 los espacios de aplicación y movimiento esperados;

la figura 4 MANETs homogéneas con pequeñas variaciones de las distancias;

la figura 5 la extensión excesiva de las distancias de radiotransmisión en MANETs;

la figura 6 el escenario de un combate entre casas;

la figura 7 una comunicación a larga distancia;

la figura 8 formas intermedias de escenarios altamente dinámicos y

la figura 9 un ejemplo de realización de la configuración de un nodo del sistema de radiotransmisión según la invención.

Para el problema de la calidad variable en función del tiempo y la capacidad de canales radioeléctricos se propone en el documento DE 10 2005 030 108 A1 un paquete formado por tres soluciones:

- optimización de la calidad y capacidad de los distintos radioenlaces
- selección de rutas adaptada y optimizada
- selección de aplicaciones adecuadas y/o adaptación de aplicaciones.

ES 2 335 317 T3

Para ello, la solución propuesta según el documento DE 10 2005 030 108 A1 prevé, como está representado en la fig. 2, una división de las funciones entre el área de la radiotécnica clásica (capas 1 y 2 del modelo de capas ISO/OSI) y la técnica de redes (capa 3 y superiores) y una cooperación entre las dos áreas. Entre estas áreas está prevista una interfaz 10, mediante la cual pueden intercambiarse características de calidad y, dado el caso, datos de control, generándose los datos de control como reacción a las características de calidad intercambiadas.

Por debajo de la interfaz 10, es decir, en el área de radiotransmisión clásica, deben tomarse medidas (física/QoC) en el bloque 11 de la capa 1 para analizar el canal radioeléctrico y determinar determinadas características de calidad, así como para adaptar los canales radioeléctricos mediante medidas adaptativas a la situación topográfica que se presenta en cada caso.

Las características de calidad se denominarán en lo sucesivo según la calidad de un servicio definida para redes QoS (Quality of Service) y QoC (Quality of Channel). Se elaborarán en el bloque funcional 11 (física/QoC).

Además, deben estar previstas funciones (MAC/QoC) para poder controlar el acceso al canal (p. ej. Link Management, Slot Multiplexing) y el flujo de datos, concretamente en función de la calidad actual del canal y de la prioridad de los paquetes y sus requisitos en cuanto a la calidad del canal (Class of Service, CoS). Esto se realiza en el bloque funcional 12 (MAC/QoC) de la capa 2. La prioridad de los paquetes puede definirse con referencia al servicio y/o al usuario. Esto se realiza también en el bloque funcional 12 (MAC/QoC).

Por encima de la interfaz QoC-QoS 10, es decir, en el área de la red, deben encontrarse posibilidades para adaptar la comunicación con ayuda de estos valores QoC a las propiedades de los canales que han de ser usados.

En el bloque funcional 13 de la capa 3 (QoC/QoS Management) deben tomarse, p. ej., las siguientes medidas:

- clasificación de los paquetes de datos según la prioridad (MAC/QoC)
- queuing adaptado (MAC/QoC) es decir, formación de colas de espera según la prioridad
- soporte de las funciones MANET (QoS/QoC Routing Support), p. ej. mediante
 - cálculo de los alcances con ayuda de tarjetas digitalizadas
 - análisis de conexiones con ayuda de coordenadas de posición intercambiadas
 - pronósticos de conexiones con ayuda de los vectores de velocidad de los objetos que contienen las estaciones de radio
 - determinación de las características de calidad para los distintos enlaces mediante los equipos radioeléctricos
 - identificación de las calidades de rutas en las tablas de enrutamiento
- conversión de los valores QoC en los valores QoS y adaptación a la funcionalidad IP (adaptación a TCP/UDP)
- información al usuario acerca de la calidad y capacidad de canal disponible (QoS/QoC Tailoring) e indicación de los servicios disponibles
- adaptación de las aplicaciones a la calidad y capacidad de canal disponible (QoS/QoC Tailoring)
- reacciones y medidas respecto a la capacidad de canal, p. ej. priorización, reducción de datos o cancelación, lo cual se realiza al nivel de la aplicación en el bloque funcional 16 (QoS/QoC Tailoring).

Para la coordinación de las medidas por encima y por debajo de la interfaz 10, los parámetros QoC y QoS deben representarse unos encima de los otros. Esto también es necesario para que pueda producirse una transición sin rotura entre las redes de radiotransmisión y las redes alámbricas, es decir, para que las características de servicios (mecanismo QoS) definidas para las redes alámbricas se realicen también en las redes de radiotransmisión.

Están afectados tanto el acceso al canal (Medium Access, MAC), el MANET Routing en el bloque funcional 14 de la capa 3 como los protocolos de transporte TCP/UDP, en los que se convierten los datos en el bloque funcional 15 de la capa 4, y las aplicaciones de las capas 5 a 7. Por lo tanto, la representación de QoC/QoS debe ampliarse añadiéndose funciones adicionales, lo cual se realiza en un bloque funcional 14 (QoC/QoS Management). Para ello, el bloque funcional 13 está conectado mediante otras interfaces 17, 18 y 19 con los bloques funcionales 14, 15 y 16.

Por lo tanto, la función del sistema de radiotransmisión representado en la fig. 2 puede explicarse de la siguiente manera:

El sistema de radiotransmisión tiene varias capas de procesamiento para la transmisión de paquetes de datos entre distintos equipos radioeléctricos en un canal radioeléctrico y comprende varias unidades funcionales y una unidad de control. Una primera unidad funcional 11 está localizada en una capa de radiotransmisión física y analiza el canal radioeléctrico para determinar la calidad del canal radioeléctrico QoC.

Una segunda unidad funcional 12 está localizada en una capa de aseguramiento de datos y controla el acceso al canal radioeléctrico en función de la calidad actual del canal radioeléctrico QoC y de la prioridad de los paquetes de datos que han de ser transmitidos en función de la calidad QoS del servicio realizado por los paquetes de datos. Una tercera unidad funcional 14 está localizada en una capa de comunicación y controla la comunicación de los paquetes de datos.

Una unidad de control 13 de orden superior sólo habilita los paquetes de datos para la comunicación mediante la tercera unidad funcional 14 cuando la calidad QoS del servicio realizado por los paquetes de datos se corresponde suficientemente con la calidad del canal radioeléctrico QoC determinado en la primera unidad funcional 11, es decir, cuando la calidad QoS del servicio o la característica de servicio de la aplicación cumple una calidad mínima QoC del canal radioeléctrico.

La unidad de control 13 está conectada mediante una primera interfaz 10 con la primera unidad funcional 11 y con la segunda unidad funcional 12 y mediante una segunda interfaz 17 con la tercera unidad funcional 14.

Además, la unidad de control 13 está conectada preferiblemente mediante una tercera interfaz 18 con una cuarta unidad funcional 15 en una capa de transporte. La cuarta unidad funcional 15 convierte los paquetes de datos en un protocolo de transporte correspondiente, p. ej. TCP/UDP.

La unidad de control 13 determina el protocolo de transporte TCP/UDP correspondiente basándose en la calidad QoS del servicio realizado por los paquetes de datos y la calidad QoC del canal radioeléctrico determinado en la primera unidad funcional 11 y manda la cuarta unidad funcional correspondientemente.

La unidad de control 13 está conectada preferiblemente mediante una cuarta interfaz 19 con una quinta unidad funcional 16 en una capa de aplicación. Cuando los paquetes de datos no pueden ser habilitados para la comunicación mediante la tercera unidad funcional 14, la quinta unidad funcional 16 emite preferiblemente un mensaje correspondiente para el usuario. Al mismo tiempo pueden indicarse a los usuarios todos los servicios actualmente disponibles.

La unidad de control 13 manda la tercera unidad funcional 14 de tal modo que ésta proporciona mediante una comunicación (routing) adecuada la capacidad de transmisión del canal radioeléctrico necesaria para la calidad QoS correspondiente del servicio realizado por los paquetes de datos.

La unidad de control 13 realiza preferiblemente una clasificación de los paquetes de datos según la prioridad requerida por la calidad QoS correspondiente del servicio realizado por los paquetes de datos. A continuación, se manda la tercera unidad funcional 14 para la realización de la comunicación de los paquetes de datos en este orden.

La unidad de control 13 también puede realizar un pronóstico de la calidad que se desarrollará en el futuro del canal radioeléctrico basándose en los vectores velocidad determinados de los equipos radioeléctricos que se están moviendo.

En resumen, este planteamiento de solución del documento DE 10 2005 030 108 A1 puede describirse de tal modo que la determinación permanente necesaria en el uso móvil de posibles rutas (radiocanales) de la red (MANET) es soportada por procedimientos inteligentes. Los canales radioeléctricos son adaptados mediante medidas adaptativas a la situación topográfica correspondiente y se registran la capacidad y calidad de canal en cuestión de las trayectorias de radiotransmisión teniendo en cuenta correspondientemente durante el transporte de los paquetes de datos.

No obstante, con este planteamiento de solución del documento DE 10 2005 030 108 A1 las radiocomunicaciones sólo pueden mantenerse a través de distancias limitadas de radiotransmisión. En escenarios en los que deben cubrirse distancias de radiotransmisión relativamente largas, son necesarias medidas adicionales, que se describirán a continuación.

El alcance de sistemas de radiotransmisión en el caso de comunicaciones tierra-tierra depende de las siguientes magnitudes. Es tanto más corto cuanto más elevada sea la frecuencia útil. Es tanto más corto cuanto más elevada sea la velocidad de datos o el ancho de banda útil o cuanto superior sea el tipo de modulación usado. Es tanto más largo cuanto mayor sea la potencia de emisión. Es tanto más largo cuanto más elevada sea la ganancia en la antena. Es tanto más largo cuanto más elevada esté la base de la antena.

En el servicio estacionario, pueden aumentarse los tres últimos parámetros de radiotransmisión, es decir, la altura de la antena, la ganancia en la antena y la potencia de emisión para cubrir distancias de radiotransmisión más largas. En el uso móvil, esto sólo es posible de forma muy limitada o de ninguna manera, si se prescinde del uso técnica y operacionalmente muy problemático de relevadores aéreos, como aparatos volantes no tripulados, globos aerostáticos, helicópteros, etc. Por esta razón debe encontrarse una solución para el uso móvil, que permita también a sistemas de radiotransmisión con antenas sencillas y bajas y una menor potencia de emisión, p. ej. manpacks, determinar el cambio de la calidad del canal y reaccionar a la extensión excesiva de distancias de radiotransmisión.

La calidad del canal puede controlarse permanentemente mediante el análisis del canal radioeléctrico usado. Este análisis puede realizarse tanto en un canal sin radiocomunicación como en un canal ocupado. En el caso indicado en primer lugar, pueden determinarse y registrarse la magnitud y el tipo de las señales parásitas; en el caso indicado en segundo lugar se analizan las señales de información. Puesto que se trata de parámetros técnicos conocidos, como p. ej. el tipo de modulación, la velocidad de datos, etc., el análisis del canal puede realizarse de forma muy detallada respecto a criterios de calidad como la relación señal/ruido, parámetros de desvanecimiento, la tasa de error de bit, etc. Puesto que un nodo radioeléctrico recibirá habitualmente las señales de varias estaciones secundarias, estas características de calidad pueden asignarse a las trayectorias de radiotransmisión individuales en el conjunto de la red.

Con este método puede deducirse p. ej. con ayuda de la intensidad de campo de la señal la distancia a la que se encuentra la estación secundaria. Si en un servicio de red se intercambian también las coordenadas de los emplazamientos de los nodos radioeléctricos, pueden calcularse las distancias y determinarse mediante mapas topográficos y modelos de propagación la accesibilidad y los parámetros de radiotransmisión necesarios para ello.

Los equipos radioeléctricos modernos de banda ancha usarán velocidades de datos de hasta varias Mbit/s y, por lo tanto, anchos de banda de varios MHz. Esta transmisión se realizará por varias razones a gamas de frecuencias más elevadas, p. ej. del orden de varios cientos de MHz o hasta el orden de GHz. No obstante, la distancia de radiotransmisión que se puede cubrir así es relativamente corta. En condiciones desfavorables puede estar limitada a varias decenas de m. Las peticiones de cubrir un alcance de varias decenas de km, en esta gama de frecuencias sólo pueden cubrirse con relevadores dispuestos a altura, incluso en el caso de haber unos anchos de banda útiles muy estrechas.

Al cambiar la calidad del canal, con ayuda de estos resultados del análisis puede reaccionarse a este cambio con una adaptación de los parámetros de radiotransmisión, p. ej. con una adaptación del ancho de banda de la señal y de la velocidad de datos correspondiente o el cambio del tipo de modulación o de la codificación. Gracias a una distribución de la información sobre el canal en la red, cada nodo radioeléctrico puede elegir los parámetros de radiotransmisión óptimos para la comunicación con un interlocutor, en particular si se conocen adicionalmente las posiciones de los nodos radioeléctricos por el intercambio de las coordenadas.

No obstante, estos procedimientos no funcionan cuando la capacidad de adaptación de la forma de onda usada se agota en la frecuencia útil seleccionada (superior) a la distancia actual de la radiotransmisión. En este caso, la frecuencia útil y el ancho de banda útil deben reducirse considerablemente, como se ha visto anteriormente. Con procedimientos de radiotransmisión tácticos convencionales pueden cubrirse, por ejemplo, con un ancho de banda útil de 25 kHz en el intervalo VHF de 30 a 88 MHz según el terreno alcances de radiotransmisión de hasta varias decenas de km. El uso de la gama HF con los anchos de banda allí habituales de p. ej. 3 kHz permite alcances de radiotransmisión aún más largos.

Cuando un nodo radioeléctrico se encuentra a una distancia de radiotransmisión actual, que no puede cubrirse con la forma de onda usada, tampoco en caso de una adaptación, por último ya sólo queda según la invención el uso de procedimientos de banda estrecha con una gama de frecuencias más baja, es decir, el uso según la invención de un llamado canal de orientación. El ancho de banda y la gama de frecuencias de estos procedimientos dependen de las distancias de radiotransmisión que han de esperarse como máximo en los escenarios de aplicación correspondientes. Puesto que el momento de la extensión excesiva de las distancias de radiotransmisión *a priori* no es previsible, es ventajoso si los nodos radioeléctricos están permanentemente listos para la recepción de señales de este tipo. Como alternativa, en caso de conocerse la calidad del canal, podría asignarse previo acuerdo en la red este canal de orientación a aquel nodo radioeléctrico que con gran probabilidad ya no será accesible. En este caso, la comunicación en la red con este nodo se realizará a través de este canal; el nodo que ya no es accesible comunicará en este caso a través de este canal de orientación. Por lo tanto, los nodos radioeléctricos sólo deben estar listos para recibir el canal de orientación en el caso de que uno o varios nodos radioeléctricos ya no son accesibles con el procedimiento de transmisión con una velocidad de datos elevada en la red *ad hoc*.

Hay distintas posibilidades para que los nodos radioeléctricos estén listos para la recepción. Las posibles soluciones son las siguientes: Conmutación cíclica del nodo radioeléctrico para la recepción de una señal de orientación y/o uso de un receptor separado para la recepción de una señal de orientación y/o uso de un receptor protector software integrado para la recepción de una señal de orientación y/o uso de un receptor protector hardware integrado para la recepción de una señal de orientación.

Esta señal de orientación está concebida de tal modo que puede cubrir el alcance máximo para los escenarios esperados. Al ser usada, la estación que recibe la señal de orientación puede determinar las propiedades del canal con el procedimiento anteriormente descrito del análisis de una señal útil y determinar a partir de éstas por extrapolación el ancho de banda que puede usarse como máximo para la distancia de radiotransmisión existente.

La ventaja de la presente invención está en poder cubrir con equipos radioeléctricos adaptivos todos los alcances de radiotransmisión, en la medida que sea físicamente posible.

Para ello se necesita el análisis permanente del canal útil ya anteriormente mencionado, p. ej. mediante un análisis de un canal sin radiocomunicación con determinación y registro de la magnitud y del tipo de las señales parásitas y/o un análisis de las señales de información de un canal ocupado con análisis del diagrama de constelación y/o análisis

de la relación señal/ruido y/o análisis de los parámetros de desvanecimiento y/o análisis de la tasa de error de bit y asignación de los resultados de los análisis a las trayectorias individuales de radiotransmisión en el conjunto de la red.

El procedimiento para mantener radiocomunicaciones mediante el análisis permanente del canal radioeléctrico y distribución de los parámetros del canal en la red de radiotransmisión sirve para el ajuste adaptivo de la forma de onda (p. ej. tipo de modulación, tipo de codificación, ancho de banda de la señal y potencia de emisión, orientabilidad de la antena).

El procedimiento para establecer y mantener radiocomunicaciones mediante un canal de orientación de banda estrecha y robusto es útil en el caso de que ya no sea posible la comunicación normal mediante la forma de onda estándar adaptiva, puesto que han empeorado los parámetros del canal, además de servir para establecer la comunicación con un usuario en una red con parámetros de canal desconocidos.

Las propiedades del canal de orientación son, en particular: Frecuencia baja, ancho de banda reducido, procedimiento de modulación robusto y codificación, así como, dado el caso, una mayor potencia de emisión en comparación con el canal útil propiamente dicho.

La ilustración de la figura 1 sirve para mostrar la conexión en red de radiotransmisión futura. No obstante, está fuertemente simplificada y ofrece sólo una descripción insuficiente de los entornos que se han de esperar realmente. Las condiciones representadas, es decir, el terreno, es sumamente fácil y no tiene obstáculos, las distancias de radiotransmisión son muy cortas, la densidad de los nodos radioeléctricos es elevada, existen instalaciones estacionarias con antenas altas y están disponibles relevadores aéreos, lo cual no representa suficientemente las situaciones reales ni las posibles prestaciones de los sistemas de radiotransmisión modernos. En la práctica, en particular en un movimiento de avance de las tropas o en operaciones militares móviles, hay espacios grandes que deben cubrirse por radiotransmisión.

La figura 3 muestra los espacios de aplicación y movimiento que se esperan en el marco de divisiones y brigadas. No puede esperarse de ninguna manera que la distribución de nodos radioeléctricos en estos espacios sea siempre casi homogénea con pequeñas distancias de radiotransmisión. Frecuentemente pueden formarse islas de redes de radiotransmisión con distancias relativamente grandes entre estas islas. Las posibilidades de aplicación dinámicas móviles flexibles se reflejan en una pluralidad de escenarios posibles, en los que los sistemas de radiotransmisión deben permitir una comunicación segura. El marco de esta variedad de escenarios debe definirse con ayuda de algunos ejemplos representativos.

Como muestra la figura 4, existen escenarios que presentan una mayor densidad de equipos radioeléctricos que comunican entre sí y que se encuentran a poca distancia unos de otros. Para las redes de radiotransmisión tan homogéneas, las redes *ad hoc* móviles adaptadas procedimientos de enrutamiento (routing) adecuados con una solución adecuada.

En la aplicación móvil, forzosamente se producen situaciones en las que hay distancias relativamente grandes entre las estaciones y sus MANETs o entre las MANETs, que ya no pueden ser cubiertas por el alcance de radiotransmisión de una forma de onda de banda ancha.

Cuando en una aplicación móvil, un usuario de la red sale del alcance de radiotransmisión de los demás usuarios de la red, como se muestra en la fig. 5, queda separado de la comunicación. Si los usuarios de la red usan una forma de onda común, no adaptiva, basada en un ancho de banda definido, por lo general el usuario de la red "separado" no puede conseguir un restablecimiento de la radiocomunicación mediante medidas unilaterales.

No obstante, también son posibles situaciones en las que deben conectarse un nodo radioeléctrico o un número reducido de nodos radioeléctricos a través de una gran distancia o en un terreno con condiciones de propagación poco favorables con una estación de radio central.

Como se muestra en la figura 6, esta situación se da en combates entre casas, patrullas de observación o patrullas de otro tipo. En particular en el caso indicado en último lugar, al pasar por una región que ha de ser controlada, es posible que haya grandes distancias a la estación de radio central, p. ej. el puesto de mando de la compañía, lo cual se muestra en la figura 7. No obstante, es necesario que la patrulla tenga o pueda establecer también en estos casos una radiocomunicación con la estación base. Al moverse por terreno difícil, p. ej. terreno montañoso, o en caso de distancias que superan claramente el alcance que puede cubrirse habitualmente con radiotransmisión táctica de aprox. 20 km, será necesario tomar medidas especiales.

Además, son posibles formas intermedias entre estos escenarios, p. ej. islas de redes parciales con distancias de radiotransmisión reducidas, que deben mantener una comunicación a través de distancias relativamente grandes con otras redes parciales con parámetros similares.

La figura 8 debe mostrar las formas mixtas de escenarios que se pueden dar. En las redes parciales (MANET 1, 2, 3, PRR, Personal Role Radio) existe una comunicación; no obstante, se encuentran a una distancia tan grande que la comunicación entre los usuarios ya no es posible con la forma de onda usada en la MANET. Los dos vehículos que se encuentran en el exterior de las MANETs ya no son accesibles por su gran distancia de las redes parciales.

ES 2 335 317 T3

La figura 9 muestra un nodo 30 del sistema de radiotransmisión según la invención. El sistema de radiotransmisión comprende la red *ad hoc* 31 anteriormente descrita y un canal de orientación 32, estando conectado cada nodo 30 tanto con la red *ad hoc* 31 como con el canal de orientación 32.

5 En el ejemplo de realización representado en la figura 9, para la comunicación a través de la red *ad hoc* existe un equipo radioeléctrico de red 33 y para la comunicación a través del canal de orientación 32 un equipo radioeléctrico VHF (gama Very High Frequency, 30 MHz-88 MHz) y o un equipo radioeléctrico HF (para la gama HF, 10 MHz-30 MHz). A través del equipo radioeléctrico de red 33 se comunica en los canales de la red *ad hoc* 31, que se encuentra, p. ej. en la gama SHF de varios GHz, mientras que a través del equipo radioeléctrico VHF/HF se comunica con el canal de orientación 32, que se encuentra preferiblemente en la gama HF, es decir, la gama de onda corta, o en la gama VHF. Si el canal de orientación 32 se encuentra a una frecuencia menor que la red *ad hoc* 31, esto conduce por lo general a un alcance más grande, de modo que los nodos radioeléctricos que ya no son accesibles a través de la red *ad hoc* 31, aún pueden comunicar a través del canal de orientación 32.

15 No es imprescindible que el equipo radioeléctrico de red 33 y el equipo radioeléctrico 34 para el canal de orientación estén separados uno de otro. Por el contrario, el equipo radioeléctrico 34 para el canal de orientación también puede estar integrado como componente hardware o componente software en el equipo radioeléctrico de red 33.

Además, es posible que el equipo radioeléctrico de red cambie simplemente mediante un comando a la gama de frecuencias del canal de orientación. En este caso, este equipo radioeléctrico procesa también el canal de orientación. En esta realización, el canal de orientación sólo puede usarse alternativamente al canal útil.

Un dispositivo de valoración 35 valora continuamente la calidad de la transmisión de los paquetes de datos a través de la red *ad hoc* 31. Si la transmisión a través de la red *ad hoc* 31 ya no es satisfactoria, un dispositivo de conmutación 36 se conmuta de tal forma que el terminal 37 ya no comunica a través del equipo radioeléctrico de red 33 sino a través del equipo radioeléctrico 34 para el canal de orientación. La valoración de la calidad de los paquetes de datos que se transmiten a través de la red *ad hoc* 31 puede realizarse de múltiples formas. Como ya se ha mencionado anteriormente, puede realizarse, por ejemplo, un análisis del diagrama de constelación y/o de la relación señal/ruido y/o de los parámetros de desvanecimiento y/o de la tasa de error de bit.

30 El dispositivo de valoración 35 valora un canal no ocupado por radiocomunicación de la red *ad hoc* 31 razonablemente mediante la determinación de la magnitud y/o del tipo de las señales parásitas en este canal. Un canal ocupado con radiocomunicación de la red *ad hoc* 31 es valorado, en cambio, razonablemente por el dispositivo de valoración 35 mediante un análisis de las señales de información de los paquetes de datos transmitidos por este canal.

35 Además, es razonable hacer funcionar el dispositivo de conmutación 36 de tal forma que se conmuta cíclicamente al canal de orientación 32, incluso cuando la valoración del dispositivo de valoración 35 indica que la calidad de la transmisión a través de la red *ad hoc* 31 es suficientemente buena. Esto tiene la ventaja de que los nodos radioeléctricos 30 de la red pueden detectar en la conmutación cíclica al canal de orientación 32 si allí emite otro nodo, que ya no es accesible a través de la red *ad hoc* 31. Un nodo 30 de este tipo, que en la conmutación cíclica detecta que puede comunicar con el otro nodo a través del canal de orientación 32, puede alimentar los datos de este nodo aislado de la red *ad hoc* 31 a continuación nuevamente a la red *ad hoc* 31 y mantener así la comunicación con el nodo aislado.

45 Es razonable comunicar a través del canal de orientación 32 con un tipo de modulación robusto, es decir, por lo general de orden inferior, por ejemplo PSK de orden inferior (Phase Shift Keying) o FSK (Frequency Shift Keying) que a través de la red *ad hoc* 31. También es razonable usar para la comunicación a través del canal de orientación 32 una protección contra errores mejorada, que conlleva una velocidad de datos útiles más baja que la que se usa para la comunicación a través de la red *ad hoc* 31. Además, para la comunicación a través del canal de orientación 32 debería usarse también una velocidad de datos más baja que para la comunicación a través de la red *ad hoc* 31. Dado el caso, para la comunicación a través del canal de orientación puede usarse también una potencia de emisión mayor que para la comunicación a través de la red *ad hoc* 31.

55 El canal de orientación puede usarse adicionalmente para consultar la identidad y la posición de nodos radioeléctricos que pueden integrarse potencialmente en la MANET. Para ello, el nodo radioeléctrico que consulta puede emitir una vez, p. ej. de forma iniciada por el usuario, o también de forma cíclica, p. ej. cada segundo, un mensaje correspondiente en el canal de orientación. Un nodo radioeléctrico que está recibiendo puede contestar a este mensaje en el canal de orientación. De este modo es posible identificar también equipos radioeléctricos que no disponen de la funcionalidad MANET pero que reciben el canal de orientación y pueden también emitir en este. El uso del canal de orientación es especialmente ventajoso para ello, puesto que dispone de un mayor alcance, como ya se ha mencionado anteriormente, pudiendo recibir de este modo la MANET también información a través de equipos radioeléctricos que se encuentran fuera de su alcance. Este conocimiento puede usarse, por ejemplo, para la identificación de amigo o enemigo.

65 La invención no está limitada al ejemplo de realización representado. Dado el caso, el canal de orientación puede ser también un canal determinado de la red *ad hoc*, que está equipado como canal de llamadas general. (canal hailing). Todas las características anteriormente descritas pueden combinarse a libre elección unas con otras en el marco de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de radiotransmisión con

5 una red *ad hoc* (31) con varios nodos (30), mediante la cual se transmiten paquetes de datos con una forma de onda predeterminada,

un dispositivo de valoración (35) para cada nodo (30) que valora la calidad de la transmisión de los paquetes de datos a través de la red *ad hoc* (31) y

10 un canal de orientación (32), a través del cual se transmiten los paquetes de datos cuando el dispositivo de valoración (35) valora insuficiente la calidad de la transmisión de los paquetes de datos a través de la red *ad hoc* (31)

15 siendo el canal de orientación (32) un canal que no forma parte de la red *ad hoc* (31), **caracterizado** porque cada nodo (30) del sistema de radiotransmisión presenta un dispositivo de conmutación (36) que conmuta la recepción cíclicamente entre una frecuencia de la red *ad hoc* (31) y la frecuencia del canal de orientación (32), incluso cuando el dispositivo de valoración (35) ha valorado suficiente la calidad de la transmisión a través de la red *ad hoc* (31).

20 2. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) tiene una menor frecuencia de transmisión que la red *ad hoc* (31).

3. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) tiene un tipo de modulación más robusto que la red *ad hoc* (31).

25 4. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) tiene una codificación de orden inferior a la que tiene la red *ad hoc* (31).

5. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) tiene una protección contra errores mejorada y/o una mejor codificación que la red *ad hoc* (31).

6. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) tiene una mayor potencia de emisión que la red *ad hoc* (31).

35 7. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque el dispositivo de valoración (35) valora un canal no ocupado por radiocomunicación de la red *ad hoc* (31) mediante determinación de la magnitud y/o del tipo de las señales parásitas en el canal.

40 8. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el dispositivo de valoración (35) valora un canal ocupado por radiocomunicación de la red *ad hoc* (31) mediante un análisis de las señales de información de los paquetes de datos transmitidos por el canal.

9. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el dispositivo de valoración (35) realiza un análisis del diagrama de constelación y/o de la relación señal/ruido y/o de los parámetros de desvanecimiento y/o de la tasa de error de bit.

10. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque para la emisión en el canal de orientación y/o para la recepción del canal de orientación se usa un equipo radioeléctrico de red.

50 11. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque cada nodo (30) del sistema de radiotransmisión tiene un emisor/receptor separado (34) para la recepción del canal de orientación (32).

12. Sistema de radiotransmisión según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque cada nodo (30) del sistema de radiotransmisión tiene un módulo hardware o software para la recepción del canal de orientación (32) que está integrado en un equipo radioeléctrico de red que forma parte del nodo (30).

55 13. Procedimiento para el funcionamiento de un sistema de radiotransmisión con una red *ad hoc* (31), a través de la cual se transmiten paquetes de datos con una forma de onda predeterminada y con un canal de orientación (32)

60 valorándose continuamente la calidad de la transmisión de los paquetes de datos a través de la red *ad hoc* (31) y transmitiéndose los paquetes de datos a través del canal de orientación (32) cuando la calidad de la transmisión de los paquetes de datos a través de la red *ad hoc* (31) ha sido valorada como insuficiente,

siendo el canal de orientación (32) un canal que no forma parte de la red *ad hoc* (31), **caracterizado** porque

65 en cada nodo (30) del sistema de radiotransmisión se conmuta la recepción cíclicamente entre una frecuencia de la red *ad hoc* (31) y la frecuencia del canal de orientación (32) incluso cuando el dispositivo de valoración (35) ha valorado como suficiente la calidad de la transmisión a través de la red *ad hoc* (31).

ES 2 335 317 T3

14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) se hace funcionar con una menor frecuencia de transmisión que la red *ad hoc* (31).

5 15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) se hace funcionar con un tipo de modulación de orden inferior al de la red *ad hoc* (31).

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) se hace funcionar con una protección contra errores mejorada en comparación con la de la red *ad hoc* (31).

10 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 16, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) se hace funcionar con una menor velocidad de datos que la red *ad hoc* (31).

15 18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 17, **caracterizado** porque el canal de orientación (32) se hace funcionar con una menor potencia de emisión que la red *ad hoc* (31).

19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 18, **caracterizado** porque un canal no ocupado por radiocomunicación de la red *ad hoc* (31) se valora mediante la determinación de la magnitud y/o del tipo de las señales parásitas en el canal.

20 20. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 19, **caracterizado** porque un canal ocupado por radiocomunicación de la red *ad hoc* (31) se valora mediante un análisis de las señales de información de los paquetes de datos transmitidos por el canal.

25 21. Procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado** por un análisis del diagrama de constelación y/o de la relación señal/ruido y/o de los parámetros de desvanecimiento y/o de la tasa de error de bit.

22. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 21, **caracterizado** porque el canal de orientación se usa para consultar la identidad de un nodo y para consultar su posición.

30 23. Procedimiento según la reivindicación 22, **caracterizado** porque esta consulta o bien se realiza una vez, de forma iniciada por el usuario, o bien de forma cíclica, de forma controlada por el nodo.

35

40

45

50

55

60

65

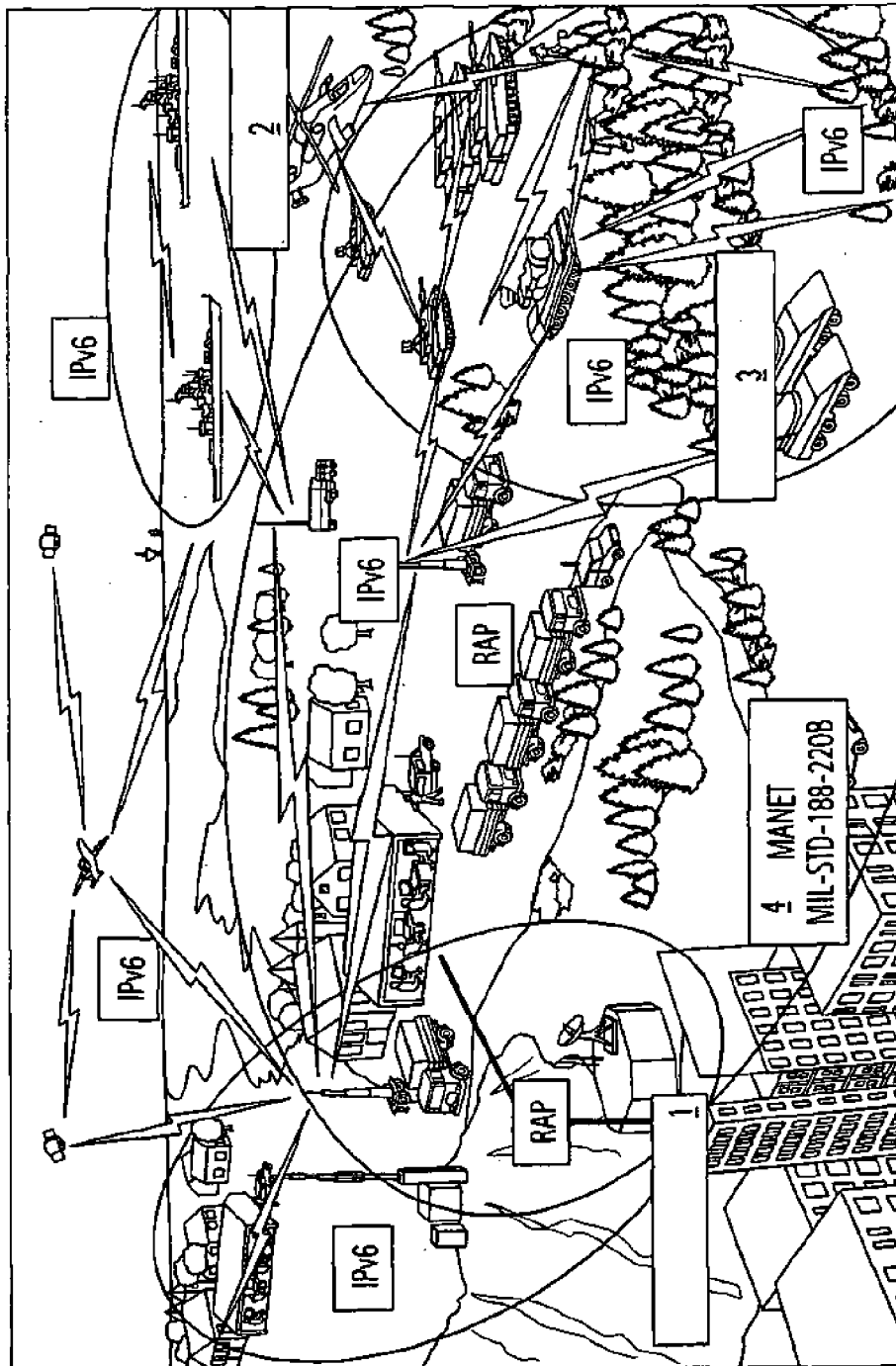


Fig. 1

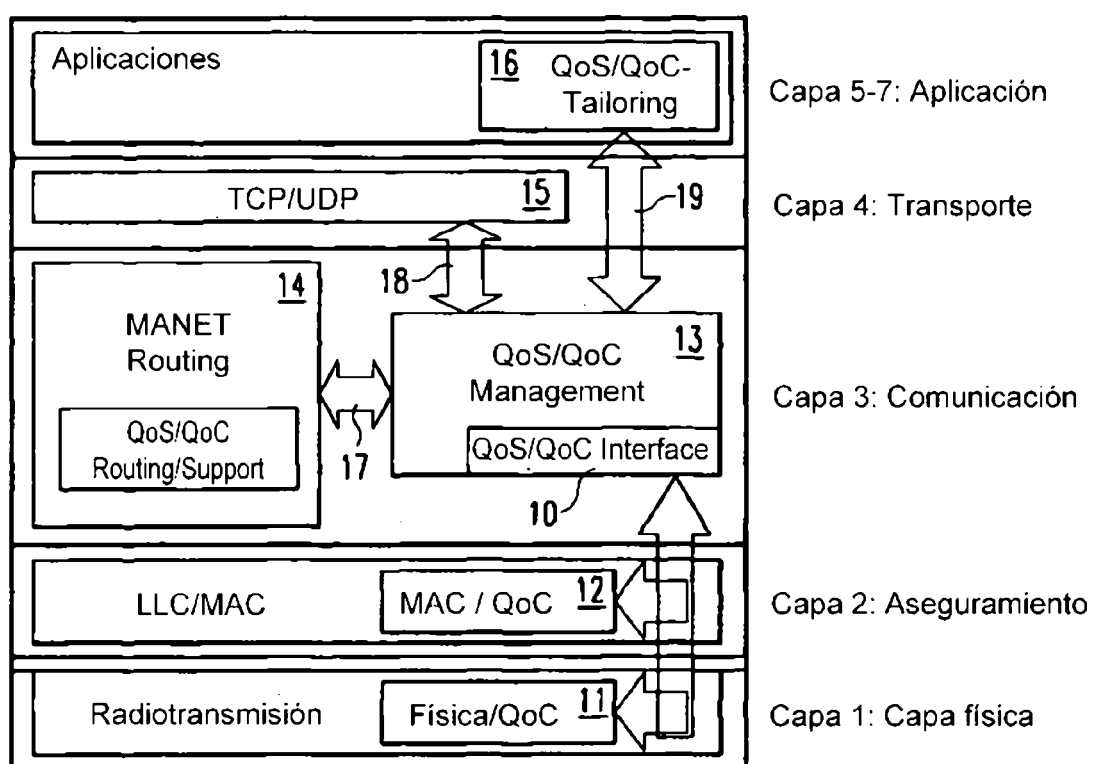
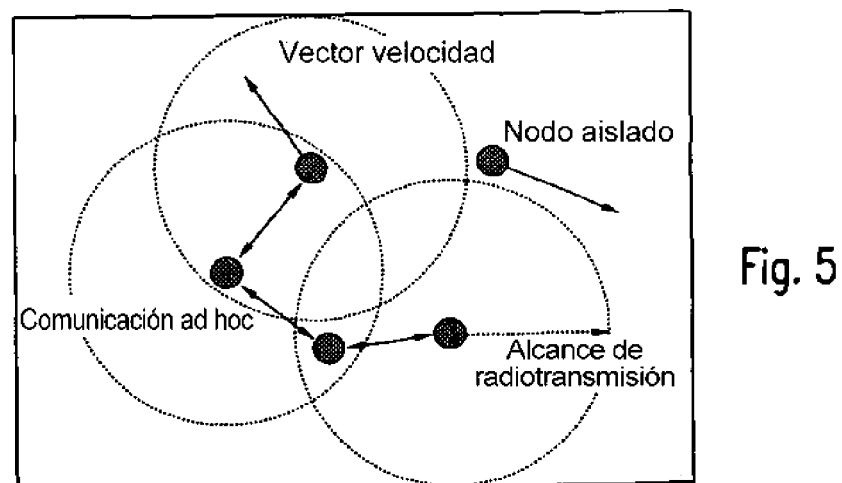
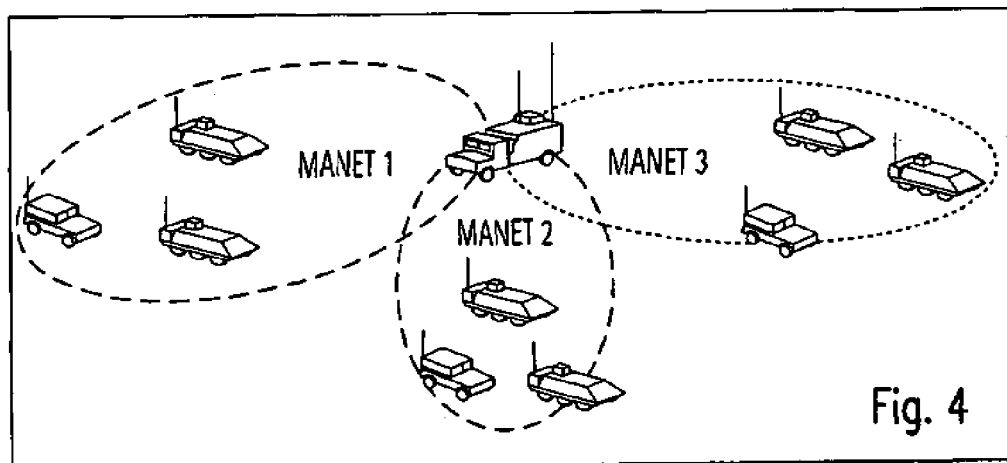
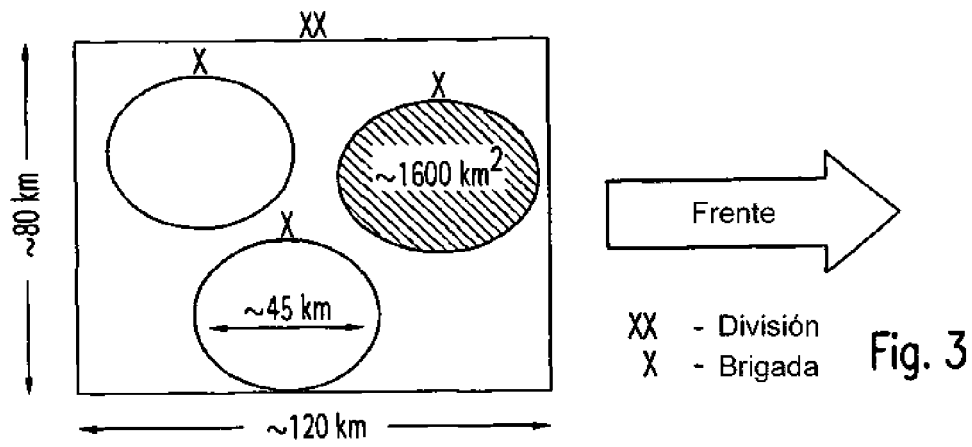


Fig. 2



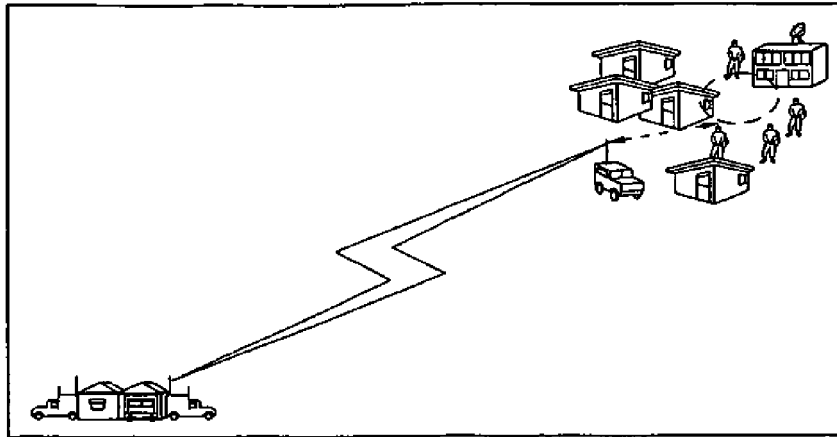


Fig. 6

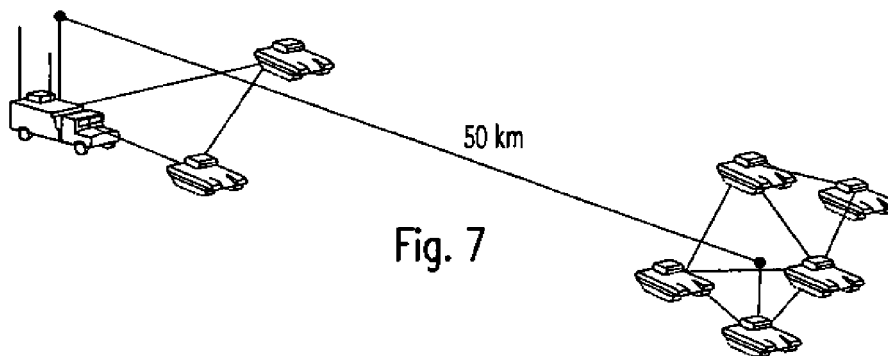


Fig. 7

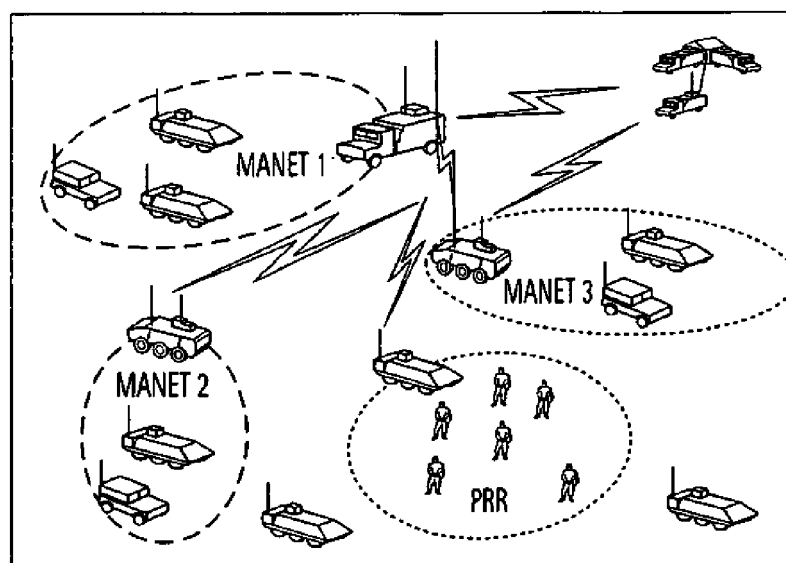


Fig. 8

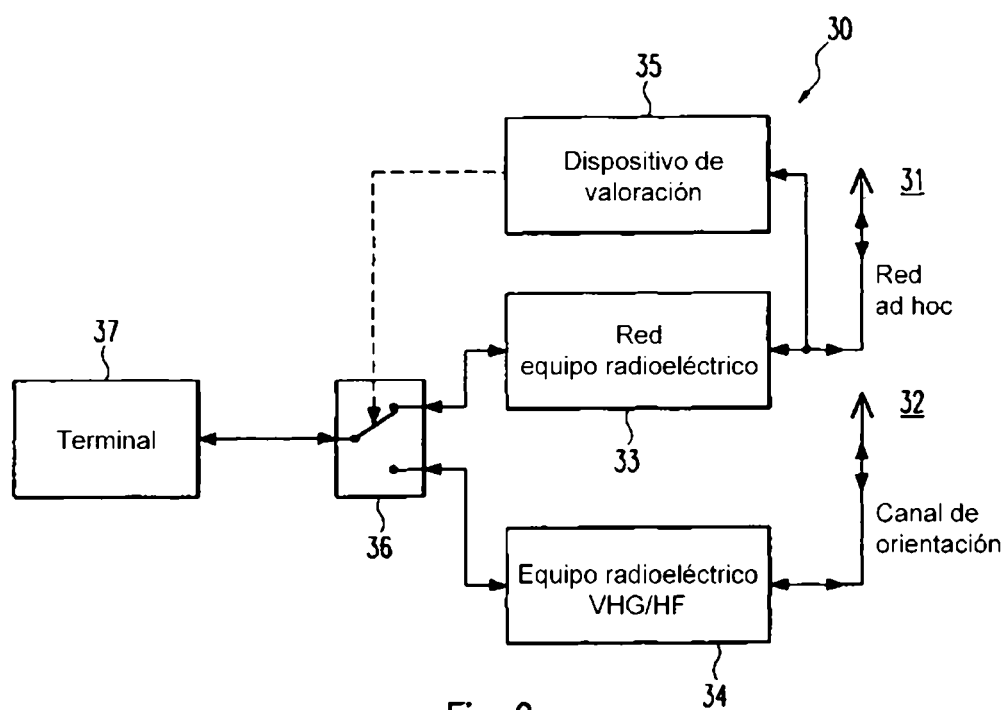


Fig. 9