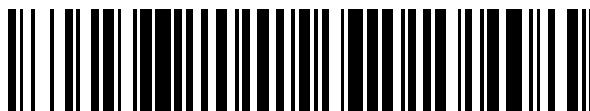


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 549**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54 (2006.01)
H02H 1/00 (2006.01)
H04B 15/00 (2006.01)
H02H 7/26 (2006.01)
H04B 1/69 (2011.01)
H04J 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2010 E 10700535 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2387829**

54 Título: **Método y sistema de comunicaciones**

30 Prioridad:

15.01.2009 EP 09150630

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

23.02.2015

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**WIMMER, WOLFGANG;
KIRRMANN, HUBERT;
SPIESS, HERMANN;
RAMSEIER, STEFAN;
NOTTER, ALLEN y
ISRAEL, MARTIN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 529 549 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de comunicaciones

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de la comunicación de empresas de servicios públicos, y en particular a la comunicación de datos operativos en tiempo real entre lugares distantes de una compañía eléctrica. Parte de un método de comunicación descrito en el preámbulo de la reivindicación 1.

10

Antecedentes de la invención

Las compañías eléctricas o los operadores de sistemas de transmisión poseen y operan redes de transmisión de corriente eléctrica que interconectan lugares, tal como fuentes y subestaciones de potencia, que, a pesar de estar distantes uno de otro unos 100 km o más, tienen que estar coordinados de una forma u otra. A través de sus sistemas de comunicaciones de compañía de servicio público, una variedad de mensajes son transferidos por enlaces de comunicaciones de larga distancia entre lugares distantes de la compañía con el fin de transmitir y distribuir energía eléctrica de forma segura. Con respecto a algunos de estos mensajes, y en particular con respecto a las órdenes de teleprotección, el retardo de transmisión entre el transmisor y el receptor es crítico y no deberá exceder de unos pocos milisegundos hasta unos 10 ms.

15

20

25

30

35

Por lo general se usan dispositivos de desconexión remotos dedicados o dispositivos de transmisión de señales de protección, también conocidos como dispositivos de teleprotección, para transmitir órdenes de protección o conmutación para esquemas de protección a distancia y diferenciales en redes y sistemas eléctricos de voltaje alto y de voltaje medio. Las órdenes de protección dan lugar, por ejemplo, a que un disyuntor de circuito se abra directa o indirectamente y, en consecuencia, a la desconexión eléctrica de una parte seleccionada de la red o del sistema. A la inversa, otras órdenes de protección dan lugar a que se evite o bloquee la apertura de un disyuntor de circuito en la estación remota. Para que una orden de protección sea transmitida desde un punto de una red de transmisión o distribución de potencia a otra, un transmisor en un dispositivo de desconexión remoto produce señales según la orden de protección, las cuales son transmitidas mediante un enlace de señal físico. Un receptor en otro dispositivo de desconexión remoto detecta las señales transmitidas y determina el número y la naturaleza correspondientes de las órdenes de protección. El enlace de señal físico puede implicar ondas radio o fibra óptica, pero preferiblemente las señales de protección son transmitidas por hilos piloto, líneas analógicas arrendadas, canales de voz de sistemas de comunicaciones analógicos o digitales, o incluso líneas de transmisión de electricidad de alto voltaje, siendo conocidas éstas últimas como comunicación por línea de potencia (PLC).

40

US 2003/081634 A1 se refiere a teleprotección de tono audio convencional mediante un enlace de telecomunicaciones audio dedicado entre dos subestaciones, e incluyendo tramas multiplexadas por división de tiempo transmitidas de forma continua desde un emisor a un receptor de manera determinista. En el emisor se inserta una configuración de trama especial (configuración preseleccionada de 8 bits) en los últimos intervalos de tiempo de cada trama, disminuyendo así la anchura de banda disponible para datos operativos. Si la configuración de trama conocida no es detectada repetidas veces en la información de anulación de receptor, se insertan señales en el flujo de datos sin trama para evitar que una señal de ruido produzca un estado de salida falso.

45

50

55

Para transmitir mensajes a distancias largas de un lugar a otro, la empresa de servicio público puede recurrir a redes de comunicaciones públicas o de propiedad sin comportamiento determinista. En este contexto, una red de comunicaciones de área ancha (WAN) designa una red de comunicaciones de conmutación de paquetes que interconecta dos lugares de la empresa de servicio público, y que incluye un número de redes IP con elementos de red específicos tal como routers, conmutadores, repetidores y posiblemente medios de transmisión ópticos en la capa física. Las WANs son en general muy fiables; sin embargo, dichos elementos de red pueden producir retardos de red irregulares, errores de bits ocasionales y fallos de enlace inherentes, todos los cuales contribuyen a un comportamiento no determinista de la red. En redes de paquetes conmutados con paquetes de datos individuales que llevan direcciones de destino, la carga pesada en un canal de comunicación o un elemento de red específico puede dar lugar a mayor retardo o pérdida de paquetes, mientras que el fallo de enlace puede producir retardos debido a la reconfiguración de los routers.

60

65

Para aplicaciones críticas en el tiempo, el mayor retardo o la pérdida de paquetes pueden dar lugar a un mal funcionamiento de un sistema. Para una compañía eléctrica, en el peor caso, se puede producir daño sustancial en una subestación si se retarda una señal de desconexión. Las WANs también pueden ser el objetivo de intrusiones improbables, pero potencialmente nocivas, incluyendo, por ejemplo, insertar órdenes intencionadamente erróneas en uno de los routers. Como consecuencia, cualquier canal de comunicación que implique una WAN puede ser considerado tanto no determinista, o no síncrono, como no seguro. El uso de comunicaciones no deterministas para orden y control significa que no se puede garantizar la distribución ni el recorrido de comunicación real que sigue un paquete. Específicamente, el uso de Internet incrementa el riesgo de fallo crítico de comunicaciones del sistema de control, puesto que los ataques contra otras entidades podrían impactar en gran medida en cualesquiera comunicaciones de control que usen dicho recorrido o compartan recursos que afecten a Internet.

Convencionalmente, los sistemas de teleprotección dedicados supervisan el estado y el retardo de un sistema de comunicación por medio de mensajes de prueba de bucle dedicados que operan de la siguiente manera: dos estaciones, A y B, están conectadas mediante un enlace de comunicaciones. La estación A transmite un mensaje especial a la estación B, que lo recibe y devuelve inmediatamente un "eco" a la estación A. Cuando la estación A recibe este "eco", conoce que el enlace de comunicación está funcionando, y también puede medir el retardo de transmisión (la mitad del tiempo que el mensaje de prueba de bucle tarda en ir de A a B y volver a A). Se suele enviar un mensaje para prueba de bucle una vez cada pocas horas, consiguientemente, los cambios del retardo de transmisión en tiempo real no pueden ser detectados.

Alternativamente, el método de medición de retardo especificado en IEEE 1588 (estándar IEEE 1588-2002, estándar IEEE para un protocolo de sincronización de reloj de precisión para sistemas de control y medición en red, un protocolo de tiempo de precisión PTP) puede ser usado para supervisar el estado y/o la disponibilidad de un sistema de comunicaciones. Los protocolos de sincronización temporal bidireccionales estándar, tal como IEEE 1588, definen métodos para sincronizar dispositivos mediante una red de comunicaciones tal como una red de área local (LAN), con una precisión alta (superior a un microsegundo).

En el campo de voz por IP (VoIP), las llamadas de voz son dirigidas por una red de protocolo de Internet (IP), y la calidad de servicio (CdS) es una cuestión importante entre el proveedor de servicios y el usuario final. En este contexto, y más en general para la transmisión de datos en tiempo real, el protocolo de tiempo real (RTP) dentro del modelo de referencia de capa ISO-OSI prescribe la encapsulación, por ejemplo, de datos de voz codificados en paquetes RTP. Estos últimos son pasados a la capa de transporte y también a la capa de red de protocolo de Internet (IP). En la capa de transporte, los sistemas de transmisión de datos pueden usar un protocolo fiable (tal como un protocolo de control de transmisión TCP) o un protocolo no fiable (tal como el protocolo de datagrama de usuario UDP). El primero asegura que todos los paquetes lleguen al receptor, pero requiere más anchura de banda debido a la carga del protocolo e introduce más retardo. Los protocolos de transporte fiables miden por lo general el retardo de ida y vuelta con el fin de derivar a partir de él cuándo se deberán repetir los mensajes. Por otra parte, los protocolos no fiables son ligeros y más rápidos aunque el flujo de datos puede estar sujeto a pérdida de paquetes.

En la solicitud de patente US 2007/0230361 A1 se facilita un método para supervisar una red de paquetes conmutados mediante la que se transmiten datos VoIP en tiempo real. Los paquetes de datos conteniendo datos en tiempo real son inspirados con el fin de supervisar un parámetro CdS. El parámetro CdS incluye uno de retardo de salida, retardo de entrada, inestabilidad, retardo de ida y vuelta, pérdida de paquetes, producción, pérdida de señal instantánea, y pérdida de contenido acumulada. En otra solicitud de patente US 2002/105909 relacionada con VoIP, a condición de que el algoritmo de alisado que regula los efectos transitorios mientras evalúa la pérdida de datos en paquetes produzca valores aceptables, las llamadas siguen siendo dirigidas por la red IP. Por otra parte, si el valor excede de un umbral, un supervisor CdS bloquea en enrutamiento por la red IP y enruta las llamadas por una red alternativa, tal como una red de circuitos conmutados (SCN).

40 Descripción de la invención

Por lo tanto, un objetivo de la invención es permitir que una empresa de servicio público, en particular una compañía eléctrica, haga un uso eficiente de canales de comunicación no deterministas para intercambiar datos operativos en tiempo real entre lugares distantes de la empresa de servicio público. Este objetivo se logra con un método de comunicación y un sistema de comunicación según las reivindicaciones 1 y 10. Otras realizaciones preferidas son evidentes por las reivindicaciones de patente dependientes.

Según la invención, un canal de comunicación no determinista incluyendo una red de área ancha (WAN) con comunicación de paquetes conmutados, tal como, por ejemplo, una red de protocolo de Internet (IP), es supervisado en base al tráfico regular de la red, es decir, evaluando paquetes de datos enviados continuamente que llevan datos operativos en tiempo real como carga. Por lo tanto, no se requiere una ocupación permanente de la anchura de banda en un canal de comunicación determinista, ni hay carga adicional de tráfico de red en forma de mensajes de prueba o mensajes duplicados generados en el canal no determinista, y se logra un uso mínimo de, o interferencia con, el canal de comunicación. Una determinación y supervisión permanentes de la calidad de canal, incluyendo avisos apropiados en caso de que la calidad de canal se considere insuficiente, se basa en una evaluación, en un nodo receptor, de paquetes de datos continuamente transmitidos por un nodo emisor. Estos paquetes de datos transmitidos de forma continua o repetidas veces pueden incluir, como datos operativos, cargas idénticas que reflejan los estados actuales más bien que los cambios de estado. En último término, se incrementa la fiabilidad de una comunicación por un canal no determinista sin confirmación de mensaje.

El método de comunicación se utiliza muy beneficiosamente en un sistema de potencia eléctrica, donde los paquetes de datos incluyen órdenes de protección para proteger una línea de potencia entre dos lugares del sistema de potencia eléctrica, y donde un lugar es una fuente de potencia, un disipador de energía, o una subestación. La protección de la línea de potencia puede ser un esquema de protección a distancia o diferencial, y dar lugar, por ejemplo, a un estado de bloqueo, desbloqueo o permisivo de un dispositivo de conmutación en el lugar remoto. Los paquetes de datos transmitidos repetidas veces se pueden considerar como sustitución de una señal de protección

convencional en canales de teleprotección convencionales.

En una variante preferida, el nodo receptor determina la disponibilidad de canal como una medida de calidad de canal binaria y rápidamente actualizable. Para ello, el nodo receptor verifica si se reciben realmente paquetes de datos con el tipo de carga esperado, y si el retardo entre paquetes de datos sucesivamente recibidos está en el rango esperado. Si el tiempo transcurrido entre paquetes de datos sucesivos excede de un cierto umbral, la disponibilidad de canal se considera insuficiente, al menos temporalmente. Entonces se toman medidas apropiadas en el nodo receptor, tal como generación de alarma, conversión a un modo de operación autónomo o de isla, o, en caso de que se considere que la señal está ausente, un dispositivo de conmutación en el segundo lugar no bloqueado.

En una realización ventajosa, el protocolo propuesto para transmisión de carga y supervisión de canal incluye, en los paquetes de datos, un número de secuencia de envío. Se prefieren números de secuencia de envío con sellos de tiempo a causa de las posibles irregularidades en la fuente de tiempo en el emisor debidas, por ejemplo, a sincronización de reloj, establecimiento manual de la hora o tiempo de ahorro durante el día. Mediante una supervisión apropiada de los números de secuencia, se puede detectar y registrar varios tipos de errores de canal, tal como pérdida de paquetes, duplicación de paquetes y recepción de paquetes en el orden erróneo, es decir, no en el orden en que habían sido enviados. Todos estos errores apuntan a una calidad de canal degradante en la WAN.

En otra variante, el paquete de datos incluye un señalizador de petición de respuesta. Si éste último está puesto, un nodo de destino del paquete de datos original prepara un mensaje de respuesta que es devuelto inmediatamente al nodo fuente u originante. El mensaje de respuesta incluye el "número de secuencia de envío" recibido. Midiendo el tiempo transcurrido entre la transmisión de una petición de respuesta y la recepción de un mensaje de respuesta identificado por el mismo número de secuencia de envío, el nodo fuente puede estimar un retardo o tiempo de ida y vuelta del canal de comunicación. Si esta medición permanente del tiempo de respuesta detecta entonces un retardo que excede de un umbral configurable, se genera una alarma informando al usuario de que la calidad del canal de comunicación no determinista ya no está garantizada, y de que se deberá elegir un canal de comunicación diferente, o de que el contenido del mensaje deberá ser ignorado temporalmente.

En otra realización preferida, el nodo de envío está conectado a un relé en el primer lugar o subestación, y transmitiendo permanentemente un estado recibido de éste último. En el caso de que se introduzca en el nodo un estado o señal cambiado, y con el fin de transportar la nueva información lo más rápidamente posible, la tasa de repetición o la frecuencia de transmisión de los paquetes de datos que llevan el nuevo estado se incrementa, al menos temporalmente. Por ejemplo, se generan $N = 16$ repeticiones a una tasa incrementada de un mensaje cada 2 ms, antes de volver a una tasa estándar de un mensaje de mantenimiento cada 5 ms.

Finalmente, se cuidan los aspectos de ciberseguridad de la transmisión propuesta por canales de comunicación no seguros por un hash o resumen de mensajes transmitidos como parte del paquete de datos y calculados en base a los campos de cabecera y carga. El hash permite verificar la autenticidad del paquete de datos, y así proporciona, si es necesario en combinación con el número de secuencia y la dirección de nodo, una protección básica contra varias amenazas contra la seguridad.

Preferiblemente, el protocolo propuesto se implementa en forma entre iguales en ambos nodos de comunicación, de tal manera que cada nodo pueda medir independientemente la calidad de canal y las alarmas de señal.

Breve descripción de los dibujos

La materia de la invención se explicará con más detalle en el texto siguiente con referencia a realizaciones preferidas ejemplares que se ilustran en los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra esquemáticamente una red de comunicaciones de empresa de servicio público.

La figura 2 es un extracto de un paquete de datos ejemplar.

Y la figura 3 representa esquemáticamente una secuencia de paquetes de mantenimiento y un paquete de respuesta.

Los símbolos de referencia usados en los dibujos, y sus significados, se enumeran en forma resumida en la lista de símbolos de referencia. En principio, las partes idénticas llevan los mismos símbolos de referencia en las figuras.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

La figura 1 ilustra una red de comunicaciones de empresa de servicio público con un primer nodo o terminal 11, un segundo nodo o terminal 21, y una red de área ancha (WAN) 30 como parte de un canal de comunicación no determinista, por ejemplo, en base a protocolo de datagrama de usuario (UDP) con transmisión no reconocida entre los dos nodos. Los dos nodos 11, 21 son dispositivos de teleprotección dedicados situados en una primera

5 subestación 10 y en una segunda subestación 20, respectivamente, y cableados a un número de relés de protección 12, 22 u otro equipo secundario de la subestación respectiva. Los dos nodos 11, 21 pueden estar interconectados mediante otros canales de comunicación, tal como un canal de comunicación por línea de potencia (PLC) a lo largo de una línea de potencia general 40 entre las dos subestaciones 10, 20. A su vez, los relés 12, 22 están conectados al equipo primario de la subestación y proporcionan una señal o estado a transmitir, por ejemplo, una señal u orden de desconexión relacionada con una función de protección a distancia de la línea de potencia general 40.

10 La figura 2 representa un extracto de un paquete de datos ejemplar 50 a enviar, por el primer nodo 11, a través del canal de comunicación no determinista 30 al segundo nodo 21. El paquete de datos incluye una cabecera, carga y cola como parte de una capa de aplicación de teleprotección. La cabecera incluye, entre otros campos, campos de cabecera especiales con un señalizador de petición de respuesta 51, una dirección de nodo de teleprotección 52, y un número de secuencia de envío 53. El campo de carga 54 incluye una o varias señales o órdenes de protección en forma de una secuencia de bits relativamente corta. Va seguido de un primer campo de cola con un resumen de mensaje o hash 55 calculado en base a los campos de cabecera y carga. El hash proporciona una protección básica contra, y permite, si es necesario en combinación con el número de secuencia 53 y la dirección de nodo 52, la detección de varias amenazas contra la seguridad, por ejemplo, mensajes no autorizados (falsos), socio erróneo, suplantación de identidad, o repetición de mensajes. Pueden seguir más campos de cola, tal como un recuento de retransmisión 56 que se incrementa en caso de una retransmisión, a una tasa de repetición incrementada y después de un evento concreto, sin cambiar de otro modo los paquetes de datos con idéntico número de secuencia y hash. Los datos de capa de aplicación están incrustados en la cabecera y las colas según las capas de transporte OSI (UDP) de red (IP) y físicas (Ethernet) (no se representa en la figura 2).

25 La figura 3 representa una secuencia ejemplar de mensajes 50, 50', 50'' intercambiados entre nodos 11 y 21, donde el tiempo avanza de arriba abajo, y donde cada diagonal representa un solo mensaje. El primer nodo 11 envía continuamente paquetes de datos a intervalos regulares separados por períodos inactivos sin actividad de envío, por ejemplo, cada 5 ms. Los paquetes de datos son recibidos por el segundo nodo 21, y a condición de que los mensajes sean recibidos en orden, y/o con los retardos esperados entre mensajes Δt , se supone que el canal 30 está disponible, y la carga transportada por los mensajes es evaluada debidamente en el extremo de recepción. Ocasionalmente, el señalizador de petición de respuesta 54 en el paquete de datos 50'' se pone, después de lo que el segundo nodo responde con un mensaje de respuesta 60. La recepción de éste último en el primer nodo, y en particular un retardo de tiempo de ida y vuelta incluyendo los tiempos de transmisión acumulados, o retardos, del paquete de datos de petición de respuesta 50'' y el mensaje de respuesta 60, a su vez puede ser evaluada en vista de una calidad de canal. Las peticiones de respuesta son enviadas periódicamente, pero a una tasa muy inferior (por ejemplo, cada 100 ms a 10 s) a los paquetes de datos sin petición de respuesta.

35 **Lista de referencias**

- 10, 20: subestación
- 40 11, 21: nodo
- 12, 22: relé
- 30: WAN
- 45 40: línea de potencia
- 50 50: paquete de datos
- 51: señalizador de petición de respuesta
- 52: dirección de nodo
- 53: número de secuencia
- 55 54: carga
- 55: hash
- 60 56: recuento de retransmisiones
- 60: mensaje de respuesta

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de comunicación entre un primer nodo de comunicación (11) en un primer lugar (10) y un segundo nodo de comunicación (21) en un segundo lugar (20), incluyendo
- enviar, por el primer nodo (11), un mensaje incluyendo datos operativos (54) por un canal de comunicación (30) al segundo nodo (21), y supervisar una calidad de canal del canal de comunicación (30) en base al mensaje,
- caracterizado** porque el método incluye
- 10 - enviar, por el primer nodo (11) y de forma continua a intervalos regulares separados por períodos inactivos sin actividad de envío, paquetes de datos (50, 50', 50'') incluyendo datos operativos (54) por un canal de comunicación no determinista (30) incluyendo una red de paquetes conmutados al segundo nodo (21), y
- 15 - supervisar, por el segundo nodo (21) y en base a dichos paquetes de datos (50, 50', 50''), la calidad de canal.
2. El método según la reivindicación 1, donde los dos lugares (10, 20) están conectados mediante una línea de potencia (40) de una red de transmisión de corriente eléctrica, **caracterizado** porque el método incluye
- 20 - enviar de forma continua paquetes de datos (50, 50', 50'') incluyendo datos operativos en forma de órdenes de protección para la línea de potencia (40).
3. El método según la reivindicación 1 o 2, donde el primer nodo (11) está adaptado para recibir una orden de protección como una señal de entrada de un relé (12) conectado al primer nodo (11), **caracterizado** porque el método incluye
- 25 - incrementar, tan pronto como cambia la señal de entrada del relé, una tasa de repetición de los paquetes de datos enviados de forma continua (50, 50', 50'').
- 30 4. El método según la reivindicación 1 o 2, incluyendo
- determinar, por el segundo nodo (21), una disponibilidad de canal en base a una recepción esperada y otra observada de paquetes de datos (50, 50', 50'').
- 35 5. El método según la reivindicación 4, incluyendo
- determinar la disponibilidad de canal en base a un retardo de tiempo entre mensajes Δt entre dos paquetes de datos enviados sucesivamente (50, 50').
- 40 6. El método según la reivindicación 4, donde los paquetes de datos (50, 50', 50'') incluyen un número de secuencia de envío (53), **caracterizado** porque el método incluye
- determinar la disponibilidad de canal en base a los números de secuencia de envío (53) de los paquetes de datos recibidos.
- 45 7. El método según la reivindicación 1 o 2, donde los paquetes de datos (50) incluyen un señalizador de petición de respuesta (51), **caracterizado** porque el método incluye
- 50 - responder, por el segundo nodo (21) y si está puesto el señalizador de petición de respuesta (51) de un paquete de datos recibido (50''), con un mensaje de respuesta (60), y
- determinar, por el primer nodo (11), una calidad de canal en base al mensaje de respuesta (60).
- 55 8. El método según la reivindicación 7, incluyendo
- determinar la calidad de canal en base a un retardo de tiempo de ida y vuelta del paquete de datos con el señalizador de petición de respuesta (51) puesto y el mensaje de respuesta (60).
- 60 9. El método según la reivindicación 1 o 2, donde los paquetes de datos (50) incluyen un hash (55), **caracterizado** porque el método incluye
- determinar, por el segundo nodo (21) y en base al hash (55), si el paquete de datos (50) es auténtico.
- 65 10. Un sistema de comunicación con un primer nodo (11), un segundo nodo (21), y un canal de comunicación no determinista (30), adaptado para realizar un método de comunicación según una de las reivindicaciones precedentes.

Fig. 1

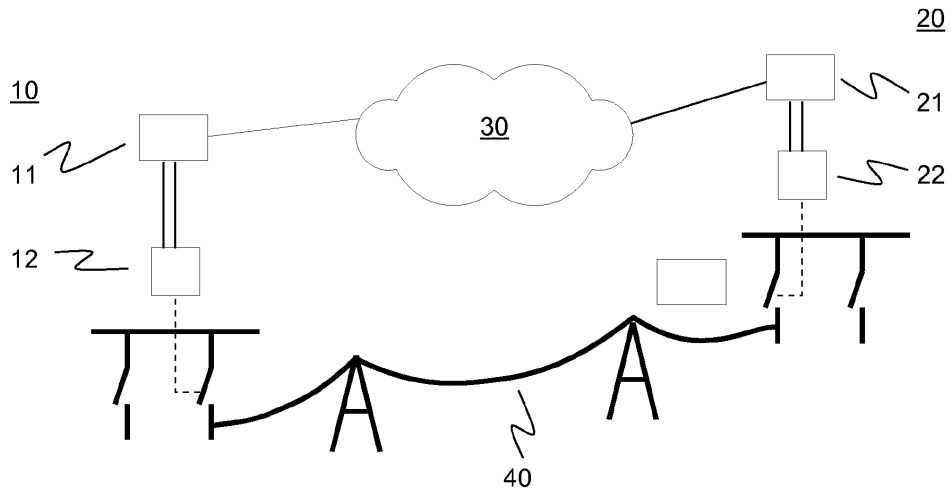


Fig. 2

50	RR?	dirección	##	1011001	hash	#
	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡
	51	52	53	54	55	56

Fig. 3

