

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 952**

21 Número de solicitud: 201490080

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

11.12.2012

30 Prioridad:

06.02.2012 US 13/366,672

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.04.2015

71 Solicitantes:

**SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES,
INC. (100.0%)**

**2350 NE Hopkins Court
99163 Pullmann WA Washington US**

72 Inventor/es:

**KASZTENNY, Bogdan Z.;
LEE, Tony J. y
ANDERSON, Luther, S.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de creación de uno o más canales de comunicaciones de baja velocidad utilizando un canal de comunicación en tiempo real**

57 Resumen:

Dispositivo y procedimiento de creación de uno o más canales de comunicaciones de baja velocidad utilizando un canal de comunicación en tiempo real. Un dispositivo electrónico inteligente que tiene un enlace de comunicaciones de baja velocidad crea uno o más canales de comunicaciones virtuales usando bits no usados o dedicados a partir de un canal de comunicaciones primario en tiempo real. Los canales de comunicaciones virtuales se usan para transportar información de baja velocidad, tal como información de localización de fallos, información de configuración del dispositivo, información de revisión del dispositivo, e información de la fecha/hora.

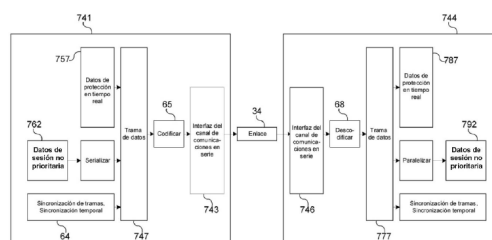


Figure 7

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de creación de uno o más canales de comunicaciones de baja velocidad utilizando un canal de comunicación en tiempo real

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a dispositivos y procedimientos para maximizar el uso de recursos de comunicaciones dentro de un dispositivo de protección de potencia y, más específicamente, a la creación de uno o más canales de comunicaciones virtuales a partir de una pequeña cantidad de datos dentro de un flujo de datos en tiempo real.

10

Descripción de la técnica anterior

En la patente US N° 5.793.750, cuyo contenido se incorpora por referencia en el presente documento, se divulga un sistema de comunicación entre dos relés protectores basados en microprocesadores para una red de energía eléctrica. Cada uno de los dos relés en ese sistema tiene módulos tanto transmisores como receptores, para transmitir directamente bits de estado de indicación, indicativos del resultado de las funciones protectoras seleccionadas de un relé, desde ese relé al otro, y viceversa.

20

Los bits de indicación de estado de salida se usan a veces para identificar la existencia y localización de un fallo en la parte de la línea de energía servida por los dos relés. Uno de los relés, o ambos, podrían iniciar una acción de disparo de un interruptor de circuito en base al intercambio de tal información. Los bits de indicación de estado de salida pueden ser el resultado de funciones de procesamiento en uno de los relés, que implican a los voltajes y/o corrientes en la línea de energía vigilada por ese relé. Los bits de indicación de estado de salida pueden ser usados para diversas funciones de control, estado, indicación y protección. Los ejemplos de funciones de protección incluyen acciones de desconexión de transferencia extralimitada permisiva (POTT), acciones de desconexión de transferencia infralimitada permisiva (PUTT), y acciones de desbloqueo por comparación direccional (DCUB) y de desconexión de transferencia directa (DTT). Otras operaciones de relé a relé son posibles usando bits específicos de indicación de estado de salida.

30

La ventaja del sistema de comunicación descrito en la patente 5.793.750 es que es rápido y seguro. Los relés protectores realizan habitualmente sus funciones de vigilancia varias

35

veces en cada ciclo de la red de energía eléctrica. El sistema de comunicación descrito en la patente 5.793.750 proporciona los resultados de estas funciones de vigilancia de un relé al otro relé. La información se transmite directamente por un enlace de comunicaciones desde un relé originario, que puede o no disparar su interruptor de circuito asociado, en base a sus resultados operativos, hacia otro relé. El relé receptor usa luego la información transmitida, en forma de bits digitales, para efectuar sus propios cálculos en curso, produciendo diversas acciones de protección, tales como el disparo y cierre de un interruptor de circuito cuando corresponda. La comunicación entre los dos relés puede ser bidireccional, permitiendo que los dos relés intercambien información concerniente a los resultados de sus propios cálculos, rápidamente y con seguridad a la vez.

Los sistemas de comunicación en los dispositivos de protección de potencia a menudo se apoyan en conexiones de bajo ancho de banda, tales como conexiones en serie de 56 kbit/s o 64 kbit/s. Sin embargo, estas conexiones se usan a menudo para comunicar datos en tiempo real, tales como, por ejemplo, la desconexión de transferencia directa, es decir, el disparo de un interruptor de circuito local después de recibir un comando desde un dispositivo de protección remoto, el permiso de desconectar comunicaciones, un esquema permisivo de protección por comparación de direcciones y el bloqueo de desconexión en un esquema de bloqueo por comparación direccional. Como estas comunicaciones son críticas en cuanto al tiempo, tales esquemas requieren generalmente todo el ancho de banda de una conexión de bajo ancho de banda, de modo que los datos puedan ser comunicados según se necesiten, y con una suficiente garantía de integridad.

Otra aplicación de comunicación utilizada por dispositivos de protección de potencia se conoce como "Diferencial de Corriente de Línea", o función 87L. Una función 87L comunica corrientes locales como muestras o fasores, términos restrictivos obtenidos de corrientes locales, bits de activación/desactivación asociados a diversas funciones tales como, por ejemplo, indicación de sincronización temporal con un dispositivo externo, detección de fallos externos, pruebas en marcha, compensación de corriente de carga en marcha y otras cantidades. Además, los bits configurables por el usuario y la información de temporización, tal como, por ejemplo, los sellos temporales, los números de secuencia y el tiempo de retención de mensajes, pueden ser comunicados asimismo para facilitar la sincronización de los datos entre dos dispositivos que utilizan el canal de comunicaciones. Como una aplicación 87L es crítica en cuanto al tiempo, también utiliza a menudo todo el ancho de banda de comunicaciones.

Si bien las funciones precedentes son críticas para el funcionamiento de los dispositivos de protección de potencia, sería ventajoso dar también soporte a, y utilizar, otras comunicaciones entre dichos dispositivos, sin la instalación de un canal físico individual de comunicaciones.

5

Sumario de la invención

La invención divulgada logra sus objetivos mediante el uso de un dispositivo electrónico inteligente que proporciona un sistema de comunicaciones en tiempo real, así como uno o
10 más canales de comunicaciones virtuales.

En una realización de la invención, un dispositivo electrónico inteligente incluye un procesador y un módulo transmisor acoplado a un enlace de comunicaciones en serie de baja velocidad. El procesador hace que el módulo transmisor transmita un canal de datos en
15 tiempo real que consume casi todo el ancho de banda disponible en el enlace de comunicaciones. Sin embargo, el procesador hace adicionalmente que el módulo transmisor inyecte una sesión no prioritaria en uno o más bits no usados del canal de datos en tiempo real, creando por ello uno o más canales de comunicaciones virtuales.

Mejoras adicionales de la invención divulgada describen distintos usos del canal de comunicaciones. Por ejemplo, un servicio de localización de fallos de múltiples extremos puede ser realizado compartiendo datos de voltaje y/o impedancias de sistema calculadas. Además, los registros de fallos pueden ser transmitidos entre los dispositivos sin interrumpir el funcionamiento normal del dispositivo electrónico inteligente. De manera similar, los datos
25 de diagnósticos de dispositivos pueden ser asimismo transmitidos.

Breve descripción de los dibujos

Aunque los rasgos característicos de esta invención se señalarán específicamente en las reivindicaciones, la invención en sí, y la manera en que puede hacerse y usarse, pueden entenderse mejor con referencia a la siguiente descripción, considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, en donde los números iguales de referencia se refieren a partes iguales en toda la extensión de las diversas vistas, y en los
30 cuales:

35

La figura 1 es un diagrama simplificado esquemático de línea única de una típica red de

energía eléctrica de área amplia.

La figura 2 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicación directa de relé a relé dentro de la red de energía eléctrica de la figura 1, construida de acuerdo a una realización de la invención.

La figura 3 es una trama recibida ejemplar del sistema de comunicación directa de relé a relé de la figura 2.

La figura 4 es un diagrama de bloques funcional simplificado de un sistema construido de acuerdo a una realización de la invención, en el cual un dispositivo primario de protección de potencia controla el funcionamiento de un dispositivo de protección de potencia de seguridad.

La figura 5 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicación directa de relé a relé para su uso en la red de energía eléctrica de la figura 1, construida de acuerdo a una realización de la invención.

La figura 6 es una trama recibida ejemplar del sistema de comunicación directa de relé a relé de la figura 4.

La figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de comunicación directa de relé a relé dentro de la red de energía eléctrica de la figura 1, construida de acuerdo a una realización alternativa de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones ilustradas

Como se ha indicado en lo precedente, la presente invención se basa y es una mejora del sistema de comunicación de la patente US N° 5.793.750, que incluye un enlace de comunicación directa entre dos relés protectores que dan servicio a un aparato de energía eléctrica, dando soporte el sistema a una disposición o protocolo de comunicación que implica a ocho canales de datos para el intercambio de bits de indicación de estado de salida entre los dos relés, de manera tan rápida como segura. Los bits TMB1 a TMB8 de datos de canal identifican ocho bits de transmisión, en ocho canales de datos.

Esos bits, cuando son recibidos por el otro relé, son identificados como bits RMB1 a RMB8

de datos de canal recibidos, donde RMB1 a RMB8 son el “espejo” o réplica de los bits de datos del canal de transmisión. Los ocho canales de datos pueden asimilar al menos ocho bits de indicación de estado de salida. Como se ha indicado anteriormente, sin embargo, en muchas disposiciones de dos relés, solamente dos, o quizás tres, canales son necesarios para comunicar los bits de indicación de estado de salida. Utilizando la presente invención, el espacio de canal, vacío en otro caso, puede ser usado ahora por datos adicionales seleccionados (expuestos más adelante) y un canal de sincronización asociado, para sincronizar los datos adicionales.

Los datos adicionales pueden ser cantidades analógicas digitalizadas, tales como datos de contadores, o pueden ser datos de “terminal virtual”. En una implementación de terminal virtual, un usuario humano, u otra aplicación, utiliza el enlace de comunicación directa para comunicarse con el otro relé. Por ejemplo, el usuario humano podría utilizar el enlace de comunicaciones directas para controlar o consultar el otro relé. Una aplicación tal como, por ejemplo, un protocolo de integración, como el DNP3, también podría utilizar el enlace de comunicaciones en la implementación del terminal virtual.

La figura 1 es un diagrama esquemático simplificado de línea única de un típico sistema de energía eléctrica de área amplia. Como se ilustra en la figura 1, la red de energía eléctrica incluye, entre otras cosas, dos generadores 12, configurado cada uno para generar ondas sinusoidales trifásicas, por ejemplo, ondas sinusoidales trifásicas de 12 kV, dos transformadores 14 elevadores de tensión configurados para aumentar las ondas sinusoidales de 12kV hasta un voltaje mayor, tal como 138 kV, y una serie de interruptores 18 de circuito. Los transformadores 14 elevadores de tensión proporcionan las ondas sinusoidales de mayor voltaje a una serie de líneas de transmisión a larga distancia, tales como las líneas 20 de transmisión. En una realización, una primera subestación 16 puede ser definida para incluir los generadores 12, los transformadores 14 elevadores de tensión y los interruptores 18 de circuito, todos interconectados mediante un primer bus 19. Al final de las líneas 20 de transmisión a larga distancia, una segunda subestación 22 puede incluir transformadores 24 elevadores de tensión para transformar las ondas sinusoidales de mayor voltaje en ondas sinusoidales de menor voltaje (por ejemplo, de 15 kV), adecuadas para la distribución, mediante una línea de distribución, a diversos usuarios finales 26 y cargas 30.

Como se ha mencionado anteriormente, la red de energía eléctrica incluye dispositivos y procedimientos protectores para proteger los elementos de la red de energía eléctrica ante fallos u otras condiciones anormales. Los dispositivos y procedimientos protectores utilizan

una gran variedad de esquemas lógicos protectores para determinar si existe o no un fallo, u otro problema, en la red de energía eléctrica. Por ejemplo, algunos tipos de relés protectores utilizan una comparación diferencial de corriente para determinar si existe o no un fallo en la zona de protección. Otros tipos de relés protectores comparan las magnitudes de los fasores calculados, representativas de las ondas sinusoidales de la red de energía eléctrica, para determinar si existe o no un fallo en la zona de protección. Las técnicas de detección de frecuencia y la detección de contenido armónico también se incorporan en relés protectores para detectar condiciones de fallo. De manera similar, los esquemas de modelos térmicos son utilizados por relés protectores para determinar si existe o no un problema térmico en la zona de protección.

Con referencia de nuevo a la figura 1, también están incluidos un primero y segundo relés protectores 100 y 102, adaptados para proporcionar, por ejemplo, protección ante exceso de corriente para la línea 21 de transmisión. Como se describe más adelante, el primer y segundo relés protectores 100, 102 también están adaptados para comunicarse mediante un enlace 34 de comunicación que puede configurarse usando uno entre una serie de medios adecuados. Relés protectores adicionales, tales como un relé protector 104, adaptados para comunicarse con el primer relé protector 100 y/o el segundo relé protector 102, también pueden ser incluidos en la red 10 de energía eléctrica.

La figura 2 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema 40 de comunicación directa de relé a relé, incorporado en la red 10 de energía eléctrica. Aunque se ilustra usando el primer y segundo relés protectores 100, 102, debería entenderse que el sistema 40 de comunicación puede incluir relés protectores adicionales acoplados operativamente con el primer y/o segundo relés 100, 102, y adaptados para funcionar como se describe más adelante. Además, aunque se ilustran usando el primero y segundo relés 100, 102 protectores, debería entenderse que el aparato y procedimiento descritos en el presente documento son aplicables a la comunicación entre cualquier dispositivo electrónico inteligente (IED) de la red 10 de energía eléctrica.

Para facilitar la descripción, el primer relé protector 100 se muestra como el relé transmisor e incluye, entre otros, un módulo 41 “transmisor”, que tiene un microcontrolador 42 acoplado operativamente con un medio de interfaz de recepción y transmisión; en este ejemplo, un receptor/transmisor universal asíncrono (UART) 43. El UART (transmisor) 43 está configurado para convertir octetos de bits de datos de canal (correspondientes a los datos de canal) , resultantes del funcionamiento del primer relé protector 100, en un único flujo de

mensajes en serie para la transmisión saliente, mediante el enlace 34 de comunicación, al segundo relé protector 102, y para convertir un flujo de mensajes entrantes en serie (desde el segundo relé protector 102) en octetos de datos de canal adecuados para su uso por parte del primer relé protector 100.

5

De manera similar, el segundo relé protector 102 se muestra como el relé receptor e incluye, entre otros, un módulo “receptor” 44 que tiene un segundo microcontrolador 45 acoplado operativamente con otro UART 46, operativo y configurado según lo descrito anteriormente. Aunque no se ilustra por separado, cada uno del primer y segundo relés 100, 102
10 protectores incluye capacidad tanto transmisora como receptora para permitir la comunicación. Si bien se ilustran como módulos 41, 44 transmisores y receptores, en un formato simplificado de diagrama funcional de bloques, el sistema y procedimiento de comunicación directa de relé a relé descritos en el presente documento pueden ser implementados por medio de un microprocesador o formación de compuertas programable
15 en el terreno (FPGA) que ejecutan un programa de ordenador, algoritmo de protección o esquema de lógica de relé. Además, aunque se ilustra como un UART 43 operativamente acoplado con el primer microcontrolador 42, y un UART 46 operativamente acoplado con el segundo microcontrolador 45, puede utilizarse un medio adecuado cualquiera de interfaz transmisora y receptora para convertir octetos de bits de datos de canal en un flujo de
20 mensajes en serie, para su transmisión mediante el enlace 34 de comunicación.

El módulo transmisor 41 y el módulo receptor 44 están operativamente conectados mediante el enlace 34 de comunicación. Como se ha señalado anteriormente, el enlace 34 de comunicación puede ser implementado como un enlace de Frecuencia de Radio, un enlace
25 de microondas, un enlace de audio, un enlace de fibra óptica u otro tipo de medio adecuado adaptado para llevar datos en serie. Según lo ilustrado, además de bits de indicación de estado de salida, cada uno de los módulos 41, 44 transmisores y receptores es capaz de transmitir/recibir otros tipos de datos de canal en forma de mensajes en serie. Por ejemplo, los datos de canal pueden incluir valores analógicos digitalizados, obtenidos de cantidades
30 analógicas, que requieren más de un único bit, tales como información de contadores, información de mejora de seguridad del sistema de fallos de interruptores, información de habilitación de reconexión, verificación de transformador de instrumentos e información de múltiples terminales de localización de fallos, por nombrar solamente unos pocos.

35 Con referencia al módulo transmisor 41, una disposición de ocho canales de datos está configurada de modo que dos canales de datos, un canal 47 de datos y un canal 48 de

datos, correspondan a los bits 57 convencionales de indicación de estado de salida, transmitidos, respectivamente, como los bits TMB1 y TMB2 de datos de canal, desde el módulo transmisor 41 del primer relé protector 100 al módulo receptor 44 del segundo relé protector 102. Tres canales de datos, un canal 49 de datos, un canal 50 de datos y un canal 51 de datos, están dedicados a valores analógicos digitalizados 59, 60 y 61, transmitidos, respectivamente, como los bits TMB3, TMB4 y TMB5 de datos de canal, desde el módulo transmisor 41 del primer relé protector al módulo receptor 44 del segundo relé protector 102. Cada uno de los valores analógicos digitalizados 59, 60, 61 está formado, por ejemplo, convirtiendo un número en punto flotante de 32 bits que representa una cantidad analógica (por ejemplo, impedancias, corrientes y voltajes del sistema) en un número en punto flotante de 18 bits. El número en punto flotante de 18 bits se serializa luego de modo que un bit de cada uno de los valores analógicos digitalizados 59, 60, 61 esté incluido, respectivamente, como los bits TMB3, TMB4 y TMB5 de datos de canal, en mensajes secuenciales transmitidos, hasta que todos los bits asociados a los valores analógicos digitalizados 59, 60, 61 estén transmitidos. Por ejemplo, si cada uno de los valores analógicos digitalizados 59, 60, 61 se expresa en 18 bits, se transmiten dieciocho mensajes secuenciales en serie, donde el primer mensaje en serie incluye el primer bit del valor analógico digitalizado 59, transmitido como el bit TMB3 de datos de canal, el primer bit del valor analógico digitalizado 60, transmitido como el bit TMB4 de datos de canal, y el primer bit del valor analógico digitalizado 61, transmitido como el bit TMB5 de datos de canal. De manera similar, el segundo mensaje en serie incluye el segundo bit del valor analógico digitalizado 59, transmitido como el bit TMB3 de datos de canal, el segundo bit del valor analógico digitalizado 60, transmitido como el bit TMB4 de datos de canal, y el segundo bit del valor analógico digitalizado 61, transmitido como el bit TMB5 de datos de canal, y así sucesivamente.

Debería señalarse que, si bien compromete alguna precisión, el esquema de conversión que convierte un número en punto flotante de 32 bits (que representa la cantidad analógica) en un correspondiente número en punto flotante de 18 bits permite una transmisión más rápida al segundo relé protector 102. También debería señalarse que pueden utilizarse otros esquemas de conversión, según la cantidad analógica medida, la precisión requerida y la velocidad de transmisión deseada.

Dos canales de datos adicionales, un canal 52 de datos y un canal 53 de datos, facilitan datos terminales virtuales transmitidos, respectivamente, como los bits TMB6 y TMB7 de datos de canal, desde el módulo transmisor 41 del primer relé protector 100 al módulo

receptor 44 del segundo relé protector 102. Como se ha señalado anteriormente, los datos de terminales virtuales se refieren a datos proporcionados por un usuario ubicado en un relé local (por ejemplo, el primer relé 100) a un relé remoto (por ejemplo, el segundo relé 102), mediante el enlace 34 de comunicación. En tal configuración, el relé local funciona como un terminal virtual para permitir al usuario consultar y/o controlar el relé remoto, pasando la familiar interfaz de usuario de puerto en serie los datos por canales no usados en otro caso. El esquema de terminales virtuales también añade una rápida capacidad de medición/operación. Como los valores analógicos digitalizados descritos anteriormente, los datos de terminales virtuales son serializados bit a bit, de modo que, por ejemplo, los datos de terminales virtuales de 18 bits sean transmitidos bit a bit en 18 mensajes secuenciales en serie, donde los dos primeros bits son indicadores de carga útil y los últimos dieciséis bits son dos octetos de datos de 8 bits. Por ejemplo, los datos de terminales virtuales de 18 bits pueden expresarse como: $p_1 p_2 d_{16} d_{15} d_{14} d_{13} d_{12} d_{11} d_{10} d_9 d_8 d_7 d_6 d_5 d_4 d_3 d_1$, donde $p_1 = 1$ indica que $d_1 - d_8$ es un octeto de carga útil, y $p_2 = 1$ indica que $d_9 - d_{16}$ es un octeto de carga útil (véase la figura 3).

El octavo canal 54 de datos está dedicado a información de sincronización, transmitida como el bit TMB8 de datos de canal, desde el módulo transmisor 41 del primer relé protector 100 al módulo receptor 44 del segundo relé protector 102. La información de sincronización permite la sincronización de los canales de datos asociados a los valores analógicos 59, 60, 61 y los datos 62 de terminales virtuales. De esta manera, cuando cualquiera de los canales 47 a 54 de datos es usado para cualquier otra cosa que los bits de indicación de estado de salida, un canal síncrono dedicado es adjudicado para la información de sincronización transmitida como el bit TMB8 de datos de canal.

Aunque se ilustra utilizando una disposición de ocho canales de datos, debería entenderse que un número o disposición y/o asignación distinta de canales de datos puede ser usado por el primer y segundo relés protectores 100, 102 del sistema 40 de comunicación. En consecuencia, los dos canales de datos de bits de indicación de estado de salida, en combinación con los tres canales de datos de valores analógicos y los dos canales de datos de los datos de terminales virtuales ilustrados en la figura 2, son arbitrarios. Los bits de indicación de estado de salida podrían ocupar más, o menos, canales de datos, o ninguno, los valores analógicos podrían ocupar más, o menos, canales de datos, o ninguno, y los datos de terminales virtuales podrían ocupar más, o menos, canales de datos, o ninguno. Además, un valor analógico puede ocupar más de un canal de datos, para una transmisión más rápida. De manera similar, los datos de terminales virtuales pueden ocupar más de un

canal de datos para una transmisión más rápida.

Además, en una realización de la invención, la disposición y/o asignación de los canales de datos puede ser fija, mientras que en otra realización, la disposición y/o asignación de los canales de datos puede ser cambiada dinámicamente durante el funcionamiento del relé, según la configuración deseada del relé, o relés, protector(es) 100, 102. Como resultado, la velocidad de recepción de los datos de canal por parte del módulo receptor 44 es ajustable, en base a la asignación de los datos de canales al número de canales de datos.

Por ejemplo, si los datos de terminales virtuales de 18 bits son dinámicamente asignados a un canal de datos durante un periodo de gran actividad del funcionamiento del relé, son transmitidos bit a bit en 18 mensajes secuenciales en serie, y luego vueltos a ensamblar para su uso por parte del relé receptor. Si un mensaje se transmite cada 1 milisegundo mediante el enlace 34 de comunicación, se requieren 18 milisegundos para la recepción de los datos completos de terminales virtuales de 18 bits. Por el contrario, si los mismos datos de terminales virtuales de 18 bits son dinámicamente asignados a tres canales de datos durante un periodo de menor actividad del funcionamiento del relé, son transmitidos en grupos de 3 bits en 6 mensajes secuenciales en serie, lo que requiere seis milisegundos.

Antes de la transmisión, cada uno de los ocho bits TMB1 a TMB8 de datos de canal es codificado por un codificador 65 para formar un mensaje codificado 66, usando una entre un número cualquiera de técnicas adecuadas. El mensaje codificado 66, por lo tanto, puede tener uno entre cualquier número de formatos adecuados, según el esquema de codificación seleccionado. Por ejemplo, en un esquema de codificación, el mensaje codificado 66 puede incluir 36 o 40 bits, divididos en cuatro caracteres de 9 bits (para una longitud de 36 bits) o de 10 bits (para una longitud de 40 bits), más un cierto número de bits inertes. El número de bits inertes puede variar, según la velocidad de transmisión seleccionada.

Continuando con el ejemplo, los bits pueden ser ensamblados de modo que el primer carácter de 9 a 10 bits incluya un único bit de inicio seguido por los seis bits TMB1 a TMB6 de datos de canal, seguidos por un bit de paridad impar y uno o dos bits de parada, según lo seleccionado por el usuario. El segundo carácter puede incluir un segundo único bit de inicio, seguido por los seis bits TMB5, TMB6, TMB7, TMB8, TMB1 y TMB2 de datos de canal, seguidos por un bit de paridad impar y uno o dos bits de parada. El tercer carácter puede incluir un bit de inicio seguido por los seis bits TMB7, TMB8, TMB1, TMB2, TMB3 y TMB4 de datos de canal, seguidos por un bit de paridad impar y uno o dos bits de parada. El

carácter cuarto y final en el mensaje puede incluir un único bit de inicio seguido por los seis bits TMB3 a TMB8 de datos de canal, seguidos por un bit de paridad impar y uno o dos bits de parada. Los bits restantes, si los hubiera, son un número variables de bits inertes, según la velocidad de transmisión de los datos.

5

Usando un esquema de codificación de este tipo, cada uno de los bits TMB1 a TMB8 de datos de canal se repite tres veces en las cuatro partes de caracteres de un mensaje codificado 66, con únicos bits de parada y paridad, y uno o dos bits de parada insertados entre cada parte de carácter del mensaje codificado 66. Este esquema de codificación

10 permite al relé 102 receptor, o segundo relé protector, comprobar la presencia de errores que puedan haber ocurrido durante la transmisión.

Además de ensamblar los bits en mensajes, cada uno del primer y segundo relés protectores 100, 102 puede ser adaptado para codificar y decodificar adicionalmente,

15 usando un patrón identificador seleccionado durante la configuración del sistema. Por ejemplo, si está preprogramado para incluir un patrón identificador específico, el codificador transmisor 65 invierte lógicamente uno de los cuatro caracteres en cada uno de los mensajes, como un medio de codificar el patrón identificador en el mensaje. Como se describe más adelante, el relé 102 receptor, o segundo, garantiza luego que el mensaje

20 recibido ha sido codificado con el patrón identificador correcto. Aunque se describe como ensamblaje de mensajes allí donde un carácter es invertido lógicamente, debería entenderse que otros formatos y esquemas de codificación adecuados pueden ser utilizados por el codificador 65 para generar el mensaje codificado 66.

25 El mensaje codificado 66 se aplica luego al UART 43, adaptado para satisfacer varios parámetros operativos para el sistema. En general, el UART 43 convierte el mensaje codificado 66 en un mensaje 67 en serie para su transmisión, como parte de un flujo de mensajes en serie, mediante el enlace 34 de comunicación. En consecuencia, el UART 46 receptor también debe ser capaz de verificar el mensaje 67 en serie recibido en cuanto al

30 debido entramado (la presencia de un bit de parada por octeto) y la debida paridad, y de detectar errores de rebasamiento.

El UART 43 puede ser programado para diversas velocidades de baudios. Por ejemplo, puede ser programado para velocidades de baudios que oscilan desde 300 hasta 115.000.

35 El UART 43 está adicionalmente adaptado para sincronizar mensajes en serie tanto transmitidos como recibidos, usando relojes de transmisión y de recepción proporcionados

externamente. Como apreciará el experto en la técnica, el procedimiento de sincronización de bits, usando bits de inicio y de parada, o usando relojes de sincronización, es uno entre cualquier número de procedimientos adecuados para la sincronización.

5 A continuación de ser preparado para la transmisión por el UART 43, el mensaje 67 en serie es transmitido por el enlace 34 de comunicación al módulo receptor 44. Las velocidades de muestreo y de transmisión pueden variar, según el funcionamiento deseado del relé transmisor.

10 Con referencia ahora al módulo receptor 44, el UART 46 receptor proporciona las funciones de contrapartida al UART 43 transmisor. Cuando el mensaje 67 en serie es recibido por el módulo receptor 44, el UART 46 realiza varias comprobaciones de datos en cada carácter del mensaje 67 en serie. También comprueba cada carácter de los mensajes 67 en serie en cuanto al entramado correcto, la paridad y los errores de rebasamiento.

15

Desde el UART 46, los caracteres del mensaje 67 en serie son pasados a un decodificador 68. En general, el decodificador 68 vuelve a ensamblar grupos de cuatro caracteres para reconstruir el mensaje de cuatro caracteres. A continuación, el decodificador 68 comprueba cada mensaje en busca de errores, y también examina los resultados de las comprobaciones del UART descritas anteriormente. Si cualquiera de las comprobaciones fracasa, el decodificador 68 descarta el mensaje y desactiva un indicador DOK (datos válidos) 94 para ese mensaje en un registro 95 (véase la figura 3).

Más específicamente, en el ejemplo ilustrado, el decodificador 68 se asegura de que hay tres copias de los ocho bits TMB1 a TMB8 de datos de canal incluidas en el mensaje 66 codificado y transmitido de cuatro caracteres. Si se usó un patrón identificador para codificar el mensaje codificado 66, el decodificador 68 también comprueba para asegurarse de que el mensaje codificado 66 incluye el patrón identificador. Debería señalarse que el esquema de codificación/descodificación descrito anteriormente es uno entre cualquier número de esquemas adecuados de codificación/descodificación para habilitar la detección de errores, que pueden ser utilizados en el procedimiento y aparato de la invención.

Como resultado del funcionamiento del decodificador 68, se proporcionan el indicador DOK 94 y los bits RMB1 a RMB8 de datos de canal. Los bits RMB1 a RMB8 de datos de canal recibidos son el espejo o réplica de los bits TMB1 a TMB8 de datos de canal transmitidos. El indicador 94 de datos válidos (DOK) proporciona una indicación de si fueron o no detectados

errores en el mensaje recibido.

Como el módulo transmisor 41 del primer relé 102, el módulo receptor 44 del segundo relé 102 incluye una disposición de ocho canales de datos, donde dos canales de datos están dedicados a los bits de indicación del estado de salida, tres canales de datos están dedicados a tres valores analógicos digitalizados, dos canales de datos están dedicados a datos de terminales virtuales y un canal de datos está dedicado a información de sincronización. En consecuencia, los bits 57 de indicación de estado de salida son recibidos como bits RMB1 y RMB2 de datos de canal, mediante los canales 70 y 71 de datos, respectivamente, y se aplican a uno o más contadores 69 de seguridad. Los contadores 69 de seguridad funcionan para garantizar que el estado de los bits RMB1 y RMB2 de datos de canal recibidos permanezca constante para un número preseleccionado de mensajes 67 en serie recibidos, antes de que los bits de indicación del estado de salida sean utilizados por los procesos flujo abajo. La garantía de que el estado de los bits de indicación del estado de salida permanece constante aumenta la fiabilidad y la seguridad asociadas a los bits 57 de indicación de estado de salida.

Debido a que los dos bits RMB1 y RMB2 de datos de canal son transmitidos bit a bit, no se requiere ninguna sincronización de esos bits. Los bits RMB1 y RMB2 de datos de canal son usados por el segundo relé 102 para tomar determinaciones con respecto al funcionamiento de la red 10 de energía eléctrica (según lo detectado por el primer relé protector 100) , incluso una posible acción de disparo de interruptores de circuito cuando corresponda. En el ejemplo ilustrado, los valores analógicos digitalizados 59, 60 y 61 son recibidos, respectivamente, como los bits RMB3, RMB4 y RMB5 de datos de canal, mediante un canal 72 de datos, un canal 73 y un canal 74. Cada uno de los tres valores analógicos digitalizados 59, 60, 61 son recibidos en serie, un bit por mensaje por canal de datos, y luego son paralelizados en un elemento paralelizador 78. El elemento paralelizador 78 vuelve a ensamblar cada uno de los tres valores analógicos digitalizados provenientes de los sucesivos mensajes descodificados 58 recibidos. Como se ha señalado anteriormente, en el ejemplo ilustrado, cada uno de los valores analógicos digitalizados 59, 60, 61 incluye dieciocho bits. En una realización, se usan dieciséis bits para información, mientras que los dos bits restantes quedan sin usar. Por lo tanto, para cada 18 mensajes, se recibe un valor analógico original completo por cada canal de datos correspondiente.

De manera similar, los datos 62 de terminales virtuales son recibidos, respectivamente, como los bits RMB6 y RMB7 de datos de canal, mediante los canales 75 y 76 de datos.

Como los valores analógicos 59, 60, 61, los datos 62 de terminales virtuales son recibidos en serie, un bit por mensaje por canal de datos, y también son paralelizados en el elemento paralelizador 78. En la realización ilustrada, los datos 62 de terminales virtuales incluyen dieciocho bits. Dieciséis bits de los dieciocho bits son utilizados para datos de terminales virtuales, donde los dieciséis bits son divididos en dos octetos de ocho bits. Los dos bits restantes son usados para indicar cuáles de los dos campos de octetos de ocho bits contienen efectivamente datos de terminales virtuales, y cuáles, si acaso, están inertes (por ejemplo, esperando entrada del usuario). De esa manera, para cada 18 mensajes descodificados 58, dos octetos de terminales virtuales son recibidos por cada correspondiente canal 75, 76 de datos. Después de la paralelización mediante el elemento paralelizador 78, los valores analógicos y los datos de terminales virtuales se suministran al segundo relé protector 102.

Nuevamente, la disposición específica de los ocho bits TMB1 a TMB8 de canal de datos se establece de acuerdo a los requisitos de comunicación del usuario. Distintos números de bits de indicación de estado de salida, valores analógicos y datos de terminales virtuales pueden ser utilizados para formar siete bits de los ocho bits TMB1 a TMB8 de datos de canal.

Un canal 77 de datos, o canal de sincronización, está dedicado al restante bit RMB8 de datos de canal. Los bits RMB8 de datos de canal del canal de sincronización permiten al descodificador receptor 68 y al elemento paralelizador 78 hallar los mensajes en serie de límites de inicio y de parada, que incluyen los valores analógicos digitalizados y los datos de terminales virtuales. El canal de sincronización es necesario cuando cualquiera de los otros bits de datos de canal incluye los valores analógicos digitalizados o los datos de terminales virtuales. Si todos los bits de datos de canal son usados solamente para bits de indicación de estado de salida, no es necesaria ninguna sincronización y el canal 77 de datos puede ser usado para bits de indicación de estado de salida.

Para determinar que un mensaje de bits (de cuatro caracteres) completo ha sido recibido, el segundo relé 102 identifica el primer octeto de cada uno de los mensajes de bits, mediante la sincronización de mensajes. En una realización, la sincronización de mensajes se mantiene contando en módulo 4 desde el primer octeto recibido después de que se ha logrado la sincronización de octetos. En consecuencia, cada vez que el contador se recicla, se recibe el primer octeto.

La figura 3 ilustra una trama 80 recibida ejemplar del sistema 40 de comunicación directa de relé a relé, según una realización de la invención. Según se ilustra, la trama recibida 80 incluye 18 mensajes, donde una serie del bit (TMB8) de datos del canal del “fondo” proporciona la información de sincronización de 18 bits después de la codificación, transmisión y descodificación. Además, los valores analógicos y los datos de terminales virtuales son recibidos como los bits RMB3 a RMB7 de datos de canal, mediante los canales 72 a 76 de datos.

Con referencia al canal 77 de datos, o el canal de sincronización, un patrón especial de sincronización de tramas, por ejemplo 000001, es utilizado para indicar que todos los otros canales de datos (p. ej., los canales 70 a 76 de datos) están en el comienzo de una trama. En el ejemplo ilustrado, cuando los últimos seis bits recibidos por el canal de sincronización son 000001 (siendo el 1 el más reciente), entonces está determinado que los otros canales de datos están un límite de trama. Por ejemplo, el canal de sincronización puede ser expresado como $d_8d_7d_6d_5vd_4d_3d_2d_1pt000001$, donde d_x = datos de terminales virtuales, 1 = uno binario, 0 = cero binario, $p = 1$ indica que los datos de terminales virtuales son válidos, v es un octeto indicador de terminal virtual; normalmente es 1, pero se fija en 0 para indicar que un octeto indicador especial está en los datos de terminales virtuales, y t = bit de sincronización temporal.

Un comparador 91 en la figura 3 está adaptado para permitir la detección del patrón especial de sincronización de tramas en los seis bits de datos de canal más recientemente recibidos (entre los seis mensajes más recientemente recibidos). Al detectar el patrón especial de sincronización de tramas, mediante el funcionamiento del comparador 91, se interroga un contador 92 en módulo 18. Si el contador 92 en módulo 18 no es cero, se reinicia en cero y se descartan los datos en los canales de sincronización, de datos de terminales virtuales y de valores analógicos (es decir, los canales 72 a 77) desde la última señal 97 de sincronización de tramas (FS) válida. Por lo tanto, si el contador 92 en módulo 18 está en cero, si todos los 18 indicadores de datos válidos (DOK) más recientes en el registro 95 son válidos (p. ej., un valor de 1 binario) y si el comparador 91 está activado, indicando la detección del patrón especial de sincronización de tramas, entonces una compuerta AND 96 activa la señal 97 de FS, dando como resultado que los valores analógicos y los datos de terminales virtuales sean utilizados por el relé 102 receptor, o segundo relé.

El canal de sincronización, dedicado al bit RMB8 de datos de canal, incluye un carácter adicional de terminal virtual, separado en dos segmentos 80 y 82 de cuatro bits. Además, un

bit 84 tiene un valor de 1 binario si el carácter adicional de terminal virtual contiene datos válidos, y tiene un valor de 0 binario si el carácter adicional de terminal virtual está inerte (tal como podría ser el caso si la sesión de terminal virtual está esperando entrada proveniente del usuario). Un bit 85 del canal 77 de sincronización tiene un valor de 1 binario, y un bit 86

5 tiene habitualmente un valor de 1 binario, excepto en condiciones especiales descritas más adelante. Cuando ambos bits 84 y 85 tienen un valor de 1 binario, no son posibles cinco ceros consecutivos en el canal de sincronización. Esto garantiza que el patrón 000001 de sincronización de tramas detectado por el comparador 91 solamente puede ocurrir en los límites de tramas.

10

El carácter terminal adicional contenido en los semioctetos 80 y 82 también puede incluir caracteres de control, concebidos para indicar, desde un relé (transmisor) al otro (receptor) , cuándo debería establecerse, terminarse, pausarse, etc., la comunicación de terminal virtual. Cuando uno de estos caracteres de control está incluido en el carácter adicional de terminal

15 virtual, el bit 86 se fuerza con un valor de 0 binario. Los caracteres especiales de control son escogidos cuidadosamente por el diseñador del sistema, de modo que, incluso con el bit 86 en el valor de 0 binario, el patrón 000001 de sincronización de tramas pueda ocurrir solamente en un límite de trama.

20

Además, un bit T 98 en el canal de sincronización comprende un flujo de datos en serie por separado, transmitido a la velocidad de un bit por 18 mensajes (trama). Este flujo de datos en serie por separado contiene información de fecha y hora. Cada vez que se activa la señal 97 de FS, un dispositivo 88 de sincronización temporal acepta el bit T 98. Un sistema adicional de sincronización de tramas, similar al sistema de sincronización de tramas

25 descrito anteriormente, permite al dispositivo 88 de sincronización temporal reconocer los límites entre sucesivos mensajes de sincronización temporal. Esto es, un patrón específico de sincronización de tramas se coloca en el flujo de datos en serie formado por el bit t 98 (es decir, un flujo de datos en serie de bit t). Un comparador detecta el patrón específico de sincronización de tramas, y señala que la información de la hora del día y del día del

30 calendario, contenida en el flujo de datos en serie de bits T, puede ser usada. Los datos incluidos en el flujo de datos en serie de bits T están formateados de modo que el patrón de sincronización de tramas pueda ocurrir solamente en límites de tramas. El dispositivo 88 de sincronización temporal actualiza luego el reloj de la hora del día y el día del calendario con la información de hora del día y de día del calendario contenida en el flujo de datos en serie

35 de bits T.

A diferencia de las entradas de control habituales (analógicas) de los relés protectores, el sistema de comunicación directa entre relé y relé revelado en el presente documento incluye la capacidad de vigilancia del enlace de comunicación, mediante la detección de mensajes en serie corrompidos cuando ocurren. Es decir, cuando un mensaje en serie corrompido es recibido por el módulo receptor 44, puede deducirse, por parte del módulo receptor, que el mensaje en serie corrompido es el resultado del funcionamiento defectuoso, o la degradación, del enlace 34 de comunicación y/o del equipo de transmisión asociado. Un procedimiento adecuado de alarma puede ser utilizado para notificar al usuario sobre la condición, allí donde el enlace 34 de comunicación y/o el equipo asociado se mantiene defectuoso con una duración predeterminada.

El sistema de comunicación directa de relé a relé divulgado en el presente documento también incluye la vigilancia del enlace de comunicación, mediante la detección de mensajes en serie perdidos. Debido a que los mensajes 67 en serie son transmitidos mediante el enlace 34 de comunicación a intervalos periódicos predeterminados, o a una velocidad predecible, puede ser deducido, por parte del módulo receptor, que el mensaje, o los mensajes, 67 en serie perdido(s) es/son el resultado del funcionamiento defectuoso, o la degradación, del enlace 34 de comunicación y/o del equipo de transmisión asociado. Por ejemplo, si el módulo transmisor 41 está transmitiendo 250 mensajes en serie cada segundo (una velocidad de un mensaje cada 4 milisegundos), y el módulo receptor 44 no recibe un mensaje en serie en un periodo de 8 milisegundos (velocidad normal de 4 ms más un margen de 4 ms), puede deducirse un problema en el enlace de comunicación y/o el equipo asociado. En ambos casos, el indicador 94 DOK indica el problema en el enlace 34 de comunicación y/o el equipo asociado, y los valores analógicos recibidos y/o los datos de terminales virtuales no son utilizados por el relé receptor (véase la figura 3).

El sistema de comunicación directa de relé a relé revelado en el presente documento incluye adicionalmente una capacidad para determinar la disponibilidad del enlace de comunicación, o la disponibilidad del canal, definida como esa parte del tiempo en que el enlace 34 de comunicación y/o el equipo asociado es capaz de entregar debidamente mensajes 67 en serie no corrompidos. La disponibilidad del enlace de comunicación puede ser calculada dividiendo el número compuesto de todos los mensajes en serie no corrompidos recibidos entre los mensajes totales en serie esperados en un periodo de registro. Por ejemplo, para un periodo de registro de 24 horas, a razón de 250 mensajes en serie por segundo, el módulo transmisor 41 transmite 21.600.000 mensajes y el módulo receptor 44 recibe 21.590.000 mensajes 67 en serie, porque 9.000 de los mensajes en serie estaban

corrompidos y 1.000 de los mensajes en serie se perdieron. La disponibilidad del canal, por lo tanto, sería de $21.590.000/21.600.000 = 99,9537\%$. Un procedimiento adecuado de alarma puede ser utilizado para notificar al usuario cuando la disponibilidad del canal cae por debajo de un umbral predeterminado.

5

Como apreciará el experto en la técnica, son posibles variaciones de los cálculos de disponibilidad, tales como, por ejemplo, contar las tramas 80 recibidas para determinar la disponibilidad de los valores analógicos digitalizados y/o los datos de terminales virtuales. Por ejemplo, debido a que se necesitan 18 tramas recibidas para reconstruir un valor analógico digitalizado de 18 bits, la recepción de solamente 17 de las 18 tramas indicaría una disponibilidad de valores analógicos del 94, 44%.

10

En consecuencia, el sistema de comunicación directa de relé a relé revelado en el presente documento está adaptado para (1) comunicar directamente los bits de indicación de estado de salida que representan el resultado de las funciones de protección por parte de uno de los relés, (2) comunicar directamente valores analógicos seleccionados que representan una o más funciones del relé, (3) comunicar directamente datos de terminales virtuales proporcionados por un usuario a uno de los relés mediante el otro relé, (4) vigilar el enlace de comunicación entre los dos relés, (5) determinar la disponibilidad del enlace de comunicación y (6) proporcionar sincronización temporal. Los valores analógicos y los datos de terminales virtuales son procesados por procedimiento en serie en mensajes sucesivos, por canales no usados por los bits de indicación de estado de salida. Los datos de sincronización temporal son procesados por procedimiento en serie en tramas sucesivas (18 mensajes) de datos.

20

25

Como se ha señalado anteriormente, el número y la asignación de canales de datos para los bits de indicación de estado de salida y los datos adicionales (valores analógicos y datos de terminales virtuales) pueden ser preseleccionados por un operador, o pueden ser seleccionados dinámicamente durante el funcionamiento del relé. Los datos adicionales pueden incluir solamente valores analógicos, solamente datos de terminales virtuales o una combinación de valores analógicos y datos de terminales virtuales. El canal de sincronización está dedicado a fines de sincronización de los datos adicionales, para transmitir/recibir datos adicionales de terminales virtuales, información temporal e información de calendario (fecha). Esto da como resultado que la capacidad de canal de la disposición básica de transmisión revelada en la patente 5.793.750 sea usada en su máxima extensión, proporcionando a la vez las ventajas de la transmisión existente, rápida y

30

35

sumamente segura, de los bits de indicación de estado de salida.

La figura 4 ilustra un sistema 400 de protección de potencia que utiliza un dispositivo primario 410 y un dispositivo de protección de seguridad 420 para supervisar el funcionamiento de un interruptor 430 de circuito. Según se ilustra, tanto el dispositivo primario 410 como el dispositivo 420 de seguridad son idénticos. El interruptor de circuito proporciona una señal 434, 436 de estado de interruptor a ambos dispositivos primario 410 y de seguridad 420. La señal 434, 436 de estado de interruptor indica si el interruptor está abierto o cerrado, y es usada tanto por el dispositivo primario 410 como por el dispositivo 420 de seguridad para determinar si abrir o no el interruptor de circuito al detectar un fallo.

El dispositivo primario 410 y el dispositivo 420 de seguridad también proporcionan indicaciones 444, 446 de exceso de corriente a una red 440 de alarma. Además, el interruptor proporciona una señal 438 de alarma de presión de gas de interruptor al dispositivo 420 de seguridad. Como se explica más adelante, el dispositivo de seguridad transmite esta condición de alarma por un enlace 415 al dispositivo primario 410. El dispositivo primario 410 procesa la transmisión y emite una alarma 448 de presión de gas de interruptor a la red 440 de alarma.

El dispositivo primario 410 también está conectado con una red 450 de comunicaciones. Un operador puede usar un ordenador 460 conectado con la misma red 450 para enviar comandos al dispositivo primario 410. El operador también puede dirigir comandos al dispositivo 420 de seguridad a través del dispositivo primario 410, que está acoplado con el dispositivo de seguridad por el enlace 415.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema 500 de comunicación directa de dispositivo a dispositivo dentro del sistema 400 de energía, construido según una realización de la invención. La figura 5 es en gran parte análoga a la figura 2, expuesta anteriormente. Sin embargo, la figura 5 utiliza dieciséis canales de datos, y su uso específico se describe más adelante. Los primeros ocho canales 531 a 538 de datos son usados como "bits de salida virtual" para el dispositivo primario. Los bits 511 a 518 de salida virtual, indicados como VOB_1 a VOB_8 , son transferidos a los primeros ocho canales 531 a 538 de datos. El dispositivo protector primario 504 transmite el estado de los canales de salida virtual al dispositivo protector 556 de seguridad, que opera contactos de salida de acuerdo a los canales de salida virtual, según se explica más adelante.

Los siguientes seis canales 519 a 524 de datos, indicados como IB₁ a IB₆ (bits de entrada) son canales de entrada virtual. El dispositivo protector primario 504 recolecta el estado de sus contactos 508 de entrada y coloca el estado recolectado en los bits 519 a 524 de entrada. Esos bits son luego transmitidos al dispositivo protector 556 de seguridad, que
 5 mantiene los correspondientes bits de entrada virtual, y puede usar los bits de entrada virtual en sus cálculos internos.

Los dos canales finales 525 a 526 de datos, indicados como CMD1 a CMD2, son canales de comando. Usando estos canales, el dispositivo protector primario 504 puede emitir
 10 comandos al dispositivo 556 de seguridad. Los comandos pueden ser retransmitidos a través del dispositivo protector primario 504 desde un operador, según se ilustra en la figura 4. Los comandos también pueden originarse a partir del funcionamiento del dispositivo primario 504. Por ejemplo, un operador externo podría alterar la recogida de carga en frío configurando tanto el dispositivo protector primario 504 como el dispositivo protector 556 de
 15 seguridad, usando los canales 525 a 526 de datos de comando.

Cuando una trama está lista para ser transmitida, el procesador codifica en 550 los datos usando cualquiera entre un cierto número de técnicas adecuadas. Los datos se pasan luego a un UART 552, donde son transmitidos por un enlace 555 al dispositivo 556 de protección
 20 de seguridad. El dispositivo 556 de protección de seguridad extrae luego los datos desde un UART 579 y descodifica en 580 los datos en dieciséis bits 561 a 576 recibidos en paralelo. Los bits recibidos 561 a 576 se separan en los OB₁₋₈ (bits 1 a 8 de salida) 581 a 588, los VIB₁₋₆ (bits 1 a 6 de entrada virtual) 589 a 594 y los CMD₁₋₂ (bits 1 a 2 de comando) 595 a 596. El dispositivo de protección de seguridad ajusta sus contactos de salida (no mostrados)
 25 para adecuarse a los bits de salida recibidos. También actualiza sus operaciones internas con los bits de entrada virtual, y ejecuta todos los comandos requeridos por los bits de comandos.

La figura 6 es una trama 600 recibida ejemplar del sistema 500 de comunicación directa de
 30 dispositivo a dispositivo, según una realización de la invención. Según se ilustra, la trama recibida incluye dieciséis bits. De estos, ocho son bits 620 de salida. El procesador 660 reconfigura los contactos 651 a 658 de salida para coincidir con el estado de los bits 620 de salida. La trama recibida también incluye seis bits 616 de entrada virtual, que corresponden a entradas del dispositivo 504 de protección primario. El procesador 660 ajusta su memoria
 35 interna y estado operativo en base a los bits 630 de entrada virtual. Finalmente, la trama recibida incluye dos canales 640 de comando. Estos canales pueden abarcar mensajes que

tienen muchos bits de longitud, y que necesitarán ser ensamblados trama a trama antes de que puedan ser ejecutados. Una vez que los mensajes de comando están ensamblados, son ejecutados por el procesador 640 de comandos, que ajusta el estado interno del procesador 660 y los contactos 650 de salida.

5

Los bits 616 de entrada virtual pueden ser usados para llevar el estado de un contacto de entrada desde un dispositivo al otro dispositivo. Por ejemplo, un dispositivo puede vigilar señales, tales como una señal de interruptor de circuito en servicio, una señal de modalidad de prueba de interruptor de circuito o una señal de indicación de clausura manual de interruptor de circuito. Las señales vigiladas pueden luego ser transformadas en bits digitales y transferidas al otro dispositivo, donde son usadas internamente en los cálculos del segundo dispositivo. Otras señales que pueden ser vigiladas usando bits de entrada virtual son la activación/desactivación de recogida de carga en frío, o el estado de un segundo interruptor de circuito.

10

15

Cada bit de salida virtual puede basarse en una única configuración dentro del dispositivo de protección primario, o una combinación de configuraciones dentro del dispositivo de protección primario. La tabla a continuación ilustra algunas configuraciones comunes de protección de potencia:

20

Configuración	Descripción
50PH	Elementos instantáneos de fase de exceso de corriente de tiempo definido
50N	Elementos instantáneos de exceso de corriente de tiempo definido de descarga a tierra residual
E50Q	Elementos instantáneos de exceso de corriente de tiempo definido de secuencia negativa
E51S	Elemento seleccionable de exceso de corriente de tiempo inverso de cantidad operativa
EV/D1	Comando de clausura manual para interruptor D1 de circuito
EV/D2	Comando de clausura manual para interruptor D2 de circuito
43OP	Reconexión de parámetro de activación de control
43PR	Parámetro de activación de detector 51PR

Los bits de salida virtual también pueden ser usados de modo que un dispositivo, es decir, el dispositivo primario, pueda controlar contactos de salida en otro dispositivo, es decir, el

dispositivo de seguridad. Algunas funciones de bits de salida virtual pueden ser la indicación de activación/desactivación de exceso de corriente a tierra, la indicación de activación/desactivación remota y la auto-reconexión del segundo interruptor de circuito.

- 5 Entonces, por ejemplo, usando la invención revelada, podría activarse un bit de salida virtual en el dispositivo primario, en base a un elemento instantáneo de exceso de corriente de tiempo definido de secuencia negativa (E50Q), o podría basarse en un elemento instantáneo de exceso de corriente de tiempo definido de secuencia negativa y un elemento instantáneo de fase (50PH) de exceso de corriente de tiempo definido.

10

- La figura 7 ilustra una mejora adicional del sistema de comunicaciones revelado. Igual que en el sistema de comunicaciones previamente expuesto, este sistema de comunicaciones hace uso de bits no usados dentro de la carga útil de un flujo de comunicaciones en tiempo real. En cambio, en lugar de comunicar datos de terminales virtuales, el sistema mejorado de comunicaciones crea uno o más canales de comunicación virtual de propósito general. Estos canales de comunicaciones virtuales pueden ser transmitidos junto con datos intensivos en ancho de banda y en tiempo real, por las mismas líneas de comunicaciones usadas por los datos en tiempo real. Este aspecto del sistema de comunicaciones revelado es especialmente útil allí donde una cantidad en tiempo real es comunicada por una conexión de velocidad relativamente lenta, tal como, por ejemplo, una conexión en serie de 15 56 kbit/s o 64 kbit/s. En tales circunstancias, una señal individual en tiempo real puede requerir todo el ancho de banda del medio de comunicaciones, y todas las cantidades adicionales que se deseara comunicar requerirían líneas adicionales de comunicaciones físicas. Sin embargo, usando el sistema de comunicaciones revelado, puede crearse un 20 cierto número de canales virtuales de baja velocidad usando bits sobrantes de la sesión de comunicaciones primaria en tiempo real.

- Como ejemplo, una función "Diferencial de corriente de línea" o "87L" transmite corrientes locales como muestras o fasores, así como términos restrictivos obtenidos de corrientes 30 locales, y diversas cantidades de bits referidas a la función central 87L, tales como, por ejemplo, una indicación de sincronización del dispositivo con un origen temporal externo, una indicación de la detección de un fallo externo, una indicación de prueba en marcha y una indicación de compensación de corriente de carga en marcha. Dado que la función 87L es crítica en cuanto al tiempo, usando una conexión de velocidad relativamente baja, una 35 función 87L puede transmitir un paquete aproximadamente cada periodo de entre 1 y 8 ms. En consecuencia, suponiendo que 1 bit no usado dentro de un paquete de 87L es usado

para crear un único canal virtual, puede lograrse una velocidad de comunicaciones de 250 bps, suponiendo que se envía un paquete de 87L cada 4 ms.

Hay numerosas funciones que los canales de comunicaciones virtuales de bajo ancho de banda, revelados en el presente documento, pueden utilizar. Tales funciones incluyen, por ejemplo, la localización de fallos de extremos múltiples, es decir, la compartición de voltajes, impedancias de sistema calculadas u otras cantidades especiales para facilitar una mejor localización de fallos en comparación con un procedimiento de localización de fallos de extremo único que usa solamente datos locales, ejecutando comandos en un relé remoto, tales como ponerlo en la modalidad de prueba, extraer registros de fallos y/o registros de contadores y sucesos desde un dispositivo remoto, extraer datos de diagnósticos de dispositivos de un dispositivo remoto, cambiar configuraciones en un dispositivo remoto, sincronización burda de relojes y calendarios en dispositivos que no están sincronizados independientemente con otro origen temporal externo, la creación de un terminal virtual por el cual puedan ser ingresados los comandos sin interrumpir el funcionamiento del dispositivo, y el envío periódico de datos de contadores para facilitar las aplicaciones de control automático y/o protección. Otras aplicaciones donde un operador humano necesita mantener una interfaz con un dispositivo situado remotamente con respecto al operador, o funciones automáticas que utilizan datos de bajo ancho de banda, o datos lentos, también pueden ser asimiladas usando los canales virtuales divulgados en el presente documento.

En general, un canal de comunicaciones en serie requiere una línea de datos, un reloj, entramado y un procedimiento de verificación de la integridad de los datos. Los canales de comunicaciones virtuales revelados proporcionan bits de datos usando un bit, o unos pocos bits, de una sesión en tiempo real subyacente, tal como una sesión de 87L. Dado que los paquetes de cantidades en tiempo real son enviados usualmente a intervalos regulares, el mismo paquete puede servir como un reloj. De manera similar, los números de secuencia dentro de los paquetes de la sesión subyacente pueden servir como un mecanismo de entramado. De manera similar, los paquetes subyacentes contendrán comprobaciones de integridad, tales como comprobaciones de CRC o BCH y, en consecuencia, puede suponerse que los errores introducidos por el ruido en el canal de comunicaciones son detectados y eliminados a través de un mecanismo de reintentos. Alternativamente, una comprobación adicional de integridad puede anexarse a los paquetes transmitidos mediante el canal virtual, reduciendo el ancho de banda disponible, pero añadiendo una garantía adicional de integridad de datos.

La figura 7 es similar a la figura 2, excepto en cuanto a que ciertos elementos han sido modificados y/o re-etiquetados. El módulo transmisor 741 incluye varios elementos re-etiquetados, tales como el elemento 57, los etiquetados como "bits de salida" han sido reemplazados por el elemento 757, etiquetado como "Datos de protección en tiempo real", los elementos 59 a 62 han sido eliminados y reemplazados por el elemento 762, etiquetado "datos de sesión no prioritaria", los elementos 47 a 54 han sido eliminados y reemplazados por el elemento 747, etiquetado como "trama de datos", y el elemento 743, etiquetado como canal de comunicaciones en serie, ha sido sustituido por el elemento 43, etiquetado "UART". La función del elemento 757 es similar a la del elemento eliminado 57, excepto en cuanto a que el elemento 757 puede contener datos adicionales de protección en tiempo real, tales como, por ejemplo, los "Datos de protección diferencial de corriente de línea". Los elementos 59 a 62 han sido reemplazados por una sesión de comunicaciones de propósito general, por la cual puedan ser transmitidos valores analógicos, datos de terminales virtuales, datos de localización de fallos de múltiples extremos, datos de contadores y datos de sincronización temporal. El canal de datos de ocho bits representado por los elementos 47 a 54 de la Figura 2 ha sido reemplazado por el elemento 747 que ilustra un canal de comunicaciones de cualquier tamaño, tal como, por ejemplo, 256 bits, de los cuales unos pocos bits están dedicados a una sesión no prioritaria. Los bits usados para la sesión no prioritaria pueden ser bits de sesión no prioritaria. El elemento 43 de la figura 2 ha sido reemplazado por una interfaz 743 de canal síncrono de comunicaciones en serie que puede ser configurada para ser compatible con un cierto número de enlaces de comunicaciones estándar, tales como, por ejemplo, ITU-T G.703, EIA-422 e IEEE C37.94. El elemento 743 también puede ser configurado para dar soporte a uno o más enlaces directos de fibra.

Los cambios en el receptor rastrean los cambios en el transmisor. Es decir, el módulo receptor 744 incluye una interfaz 746 de canal de comunicaciones en serie que puede ser compatible con un cierto número de enlaces de comunicaciones estándar. La trama 777 de datos reemplaza los elementos 70 a 77 y puede ser un canal de comunicaciones de cualquier tamaño, tal como, por ejemplo, 256 bits, de los cuales unos pocos bits están dedicados a una sesión no prioritaria. El módulo 787 de datos de protección en tiempo real puede contener datos adicionales de protección en tiempo real recibidos desde el módulo transmisor 741. Además, el módulo 792 de datos de sesión no prioritaria recibe los datos paralelizados de la sesión no prioritaria.

La descripción en el presente documento se puede aplicar a varios tipos de comunicaciones entre IED. Como se mencionó anteriormente, los canales de comunicaciones de baja

velocidad pueden utilizarse para comunicar datos entre los IED dentro de un flujo de datos en tiempo real. Las comunicaciones de baja velocidad pueden incluir varias comunicaciones que pueden afectar a los cálculos y a las operaciones realizadas por los IEDs

5 En un ejemplo, los IED pueden comunicar información de localización de fallos usando la comunicación de baja velocidad. La información de localización de fallos puede compartirse, por ejemplo, entre IED que protegen una sección predeterminada de un sistema de suministro de energía eléctrica. Los IED pueden estar configurados para usar la localización de fallos en base a la impedancia para determina una localización de un fallo. Por ejemplo, 10 los IED pueden determinar una localización de un fallo como una relación de la distancia al fallo y la longitud de una línea de energía eléctrica (tal como una línea de transmisión) calculada usando la impedancia del fallo y la impedancia de la línea de energía eléctrica. La relación de la impedancia del fallo y la impedancia de la línea de energía eléctrica puede proporcionar una estimación de la localización del fallo en la línea de energía eléctrica. Para 15 este fin, los IED pueden comunicar información tal como el fasor de voltaje, el fasor de corriente, y otra información relacionada con la localización de fallos basados en la impedancia. Esta información se puede usar para calcular las constantes de la línea, tal como la impedancia de la línea de energía eléctrica. Esta información se puede usar para calcular la información de fallos tal como la impedancia del fallo. Un IED podría entonces 20 usar la constante de la línea y la información del fallo para calcular una posible localización del fallo.

En otro ejemplo, los IED se pueden configurar para usar localización de fallos basada en las ondas progresivas para determinar una localización de un fallo. Las ondas progresivas 25 pueden emanar de una localización de fallos hacia el exterior de los extremos de la línea de energía eléctrica. Los IED a lo largo de la línea de energía eléctrica pueden recoger estas señales de fallos de ondas progresivas, procesarlas y compartir esta información usando la comunicación de baja velocidad descrita en este documento, de manera que uno o más de los IED pueden calcular la localización del fallo usando la información de la onda progresiva. 30 La información de la onda progresiva puede incluir el tiempo de llegada de la forma de onda, o similares.

En otro ejemplo, los IED pueden estar configurados para compartir información del dispositivo almacenada en los IED usando las comunicaciones de baja velocidad descritas 35 en este documento. Esta información del dispositivo puede incluir información de configuración del dispositivo. Esta información del dispositivo puede incluir un archivo de

ajustes. Esta información del dispositivo puede incluir uno o más ajustes. Esta información del dispositivo puede incluir información de revisión del hardware del dispositivo. Esta información del dispositivo puede incluir información de revisión del firmware.

- 5 En otro ejemplo, los IED se pueden configurar para intercambiar información de la hora y la fecha. En algunas configuraciones, los IED pueden recibir una señal de tiempo común – común a los IED – tal como un tiempo común de la red de comunicaciones, tiempo GPS proporcionado usando una señal IRIG, WWVB, WWV, o similares. Si esta señal de tiempo común no está disponible, los IED pueden intercambiar información de la hora y/o la fecha.
- 10 Además, en algunas configuraciones, los IED no reciben una hora común. Los IED pueden usar las comunicaciones de baja velocidad descritas en este documento para intercambiar información de la hora y/o fecha. El intercambio de esta información de la hora y/o fecha permite a los IED sin señal de tiempo explícita seguir una hora coherente con otros IED, beneficiándose de la precisión de sus registros con sello de tiempo y la interacción conjunta
- 15 del usuario con el dispositivo.

Obsérvese que la invención descrita en el presente documento utiliza un procesador digital. Dado que los algoritmos descritos no requieren ninguna característica especial de procesamiento, bastará cualquier tipo de procesador. Por ejemplo, microprocesadores,

20 microcontroladores, procesadores de señales digitales, formaciones de compuertas programables en el terreno, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) y otros dispositivos capaces de cálculos digitales son aceptables allí donde se usa el término procesador.

- 25 Además, se usa el término dispositivo electrónico inteligente. Un dispositivo electrónico inteligente está definido, para los términos de esta solicitud, como un dispositivo de protección de potencia (es decir: no se conciben dispositivos de protección no de potencia, tales como los ordenadores generales) que incluye un procesador para la toma de decisiones. Ejemplos de dispositivos electrónicos inteligentes son relés de diversos tipos y
- 30 controles de reconexión.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo electrónico inteligente para proporcionar un canal de comunicaciones en tiempo real y uno o más canales de comunicaciones virtuales, comprendiendo el dispositivo electrónico inteligente:
- 5 - un procesador y un módulo de transmisión acoplado a un enlace de comunicaciones en serie y al procesador, donde el procesador está configurado para transmitir datos en tiempo real relacionados con dicho canal de comunicaciones en tiempo real; donde el canal de comunicaciones en tiempo real incluye una pluralidad de bits en tiempo real y uno o más bits; y donde el procesador está configurado para serializar e inyectar un canal de datos de sesión en segundo plano en dicho uno o más bits para formar un canal de comunicaciones virtual, en el que dicho canal de comunicaciones virtual está configurado para comunicar información de localización de fallos.
- 10 2. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 1, en el que la información de localización de fallos comprende información de localización de fallos basada en la impedancia.
3. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 2, en el que la información de localización de fallos basada en la impedancia es una medición por unidad de la impedancia de la línea.
- 20 4. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 1, en el que la información de localización de fallos comprende información de localización de fallos de ondas progresivas.
- 25 5. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 4, en el que la información de localización del fallo de la onda progresiva comprende información de la hora de llegada de la forma de onda.
- 30 6. Un dispositivo electrónico inteligente para proporcionar un canal de comunicaciones en tiempo real y uno o más canales de comunicaciones virtuales, comprendiendo el dispositivo electrónico inteligente:
- un procesador y un módulo de transmisión acoplado a un enlace de comunicaciones en serie y al procesador, donde el procesador está configurado para transmitir datos en tiempo real relacionados con dicho canal de comunicaciones en tiempo real; donde el canal de comunicaciones en tiempo real incluye una pluralidad de bits en tiempo real y uno o más
- 35

bits; y donde el procesador está configurado para serializar e inyectar un canal de datos de sesión en segundo plano en dichos uno o más bits para formar un canal de comunicaciones virtual, en el que dicho canal de comunicaciones virtual está configurado para comunicar información de configuración del dispositivo.

5

7. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 6, en el que la información de configuración del dispositivo es un archivo de configuración.

8. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 6, en el que la información de configuración del dispositivo es uno o más ajustes.

10

9 Un dispositivo electrónico inteligente para proporcionar un canal de comunicaciones en tiempo real y uno o más canales de comunicaciones virtuales, comprendiendo el dispositivo electrónico inteligente:

15

- un procesador y un módulo de transmisión acoplado a un enlace de comunicaciones en serie y al procesador, donde el procesador está configurado para transmitir datos en tiempo real relacionados con dicho canal de comunicaciones en tiempo real; donde el canal de comunicaciones en tiempo real incluye una pluralidad de bits en tiempo real y uno o más bits; y donde el procesador está configurado para serializar e inyectar un canal de datos de sesión en segundo plano en dichos uno o más bits para formar un canal de comunicaciones virtual, en el que el canal virtual está configurado para comunicar información de la revisión del dispositivo.

20

10. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 9, en el que la información de revisión del dispositivo es información de revisión del firmware.

25

11. El dispositivo electrónico inteligente de la reivindicación 9, en el que la información de revisión del dispositivo es información de revisión de hardware del dispositivo.

12. Un dispositivo electrónico inteligente para proporcionar un canal de comunicaciones en tiempo real y uno o más canales de comunicaciones virtuales, comprendiendo el dispositivo electrónico inteligente:

30

- un procesador y un módulo de transmisión acoplado a un enlace de comunicaciones en serie y al procesador, donde el procesador está configurado para transmitir datos en tiempo real relacionados a dicho canal de comunicaciones en tiempo real; donde el canal de comunicaciones en tiempo real incluye una pluralidad de bits en tiempo real y uno o más

35

bits; y el procesador está configurado para serializar e inyectar un canal de datos de sesión en segundo plano en dicho uno o más bits para formar un canal de comunicaciones virtual, en el que el canal virtual está configurado para comunicar información de tiempo.

- 5 13.- Un procedimiento para proporcionar un canal de comunicaciones en tiempo real y uno o más canales de comunicaciones virtuales, que comprende los siguientes pasos:

- 10 a) transmitir datos en tiempo real relacionados con el canal de comunicaciones en tiempo real, desde un procesador y un módulo de transmisión acoplado a un enlace de comunicaciones en serie y al procesador, donde el canal de comunicaciones en tiempo real incluye una pluralidad de bits en tiempo real y uno o más bits; y
- 15 b) serializar e inyectar, por el procesador, un canal de datos de sesión en segundo plano en dichos uno o más bits para formar un canal de comunicaciones virtual, en el que dicho canal de comunicaciones virtual comunica información de localización de fallos o información de configuración del dispositivo o información de la revisión del dispositivo o información de tiempo

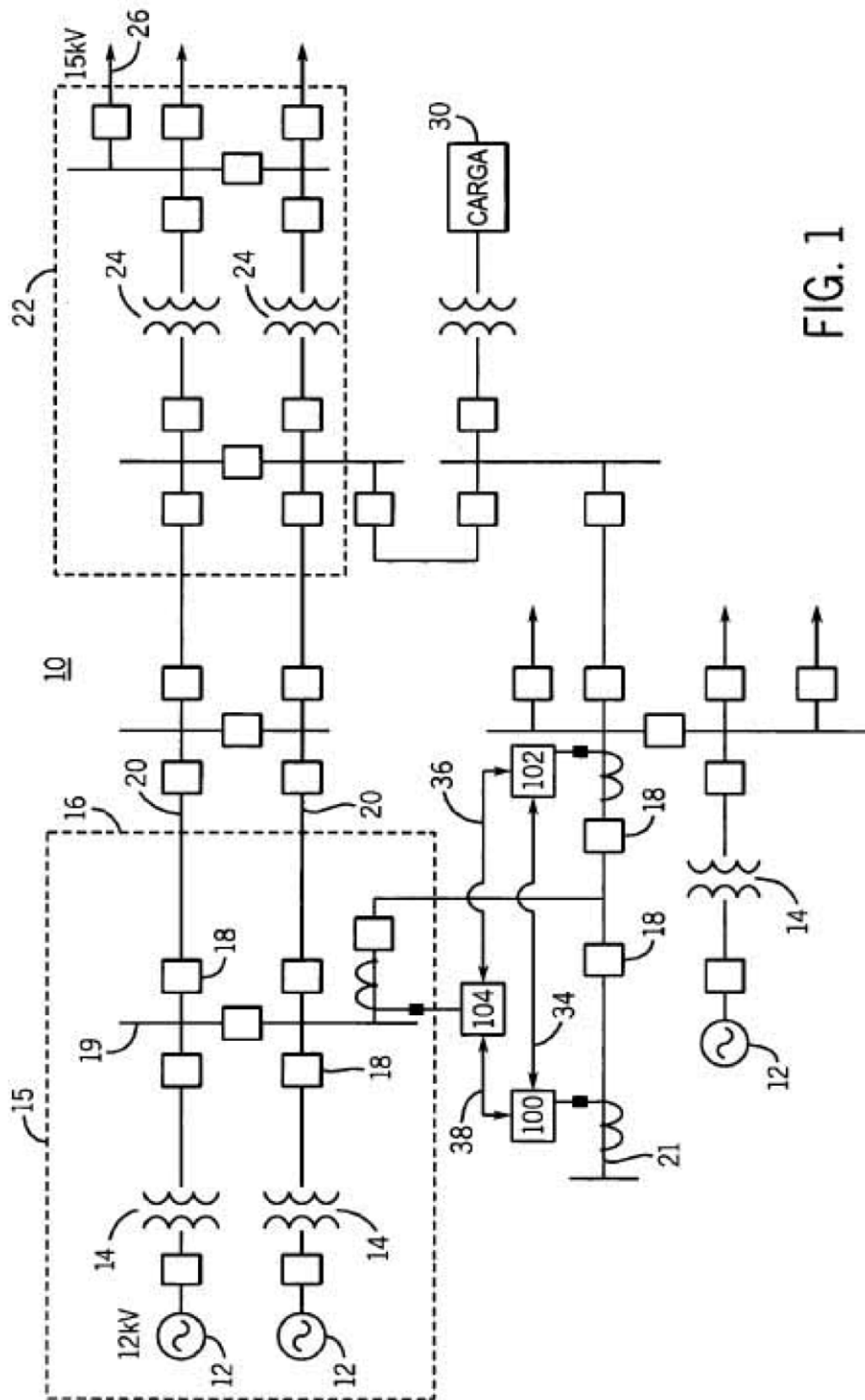
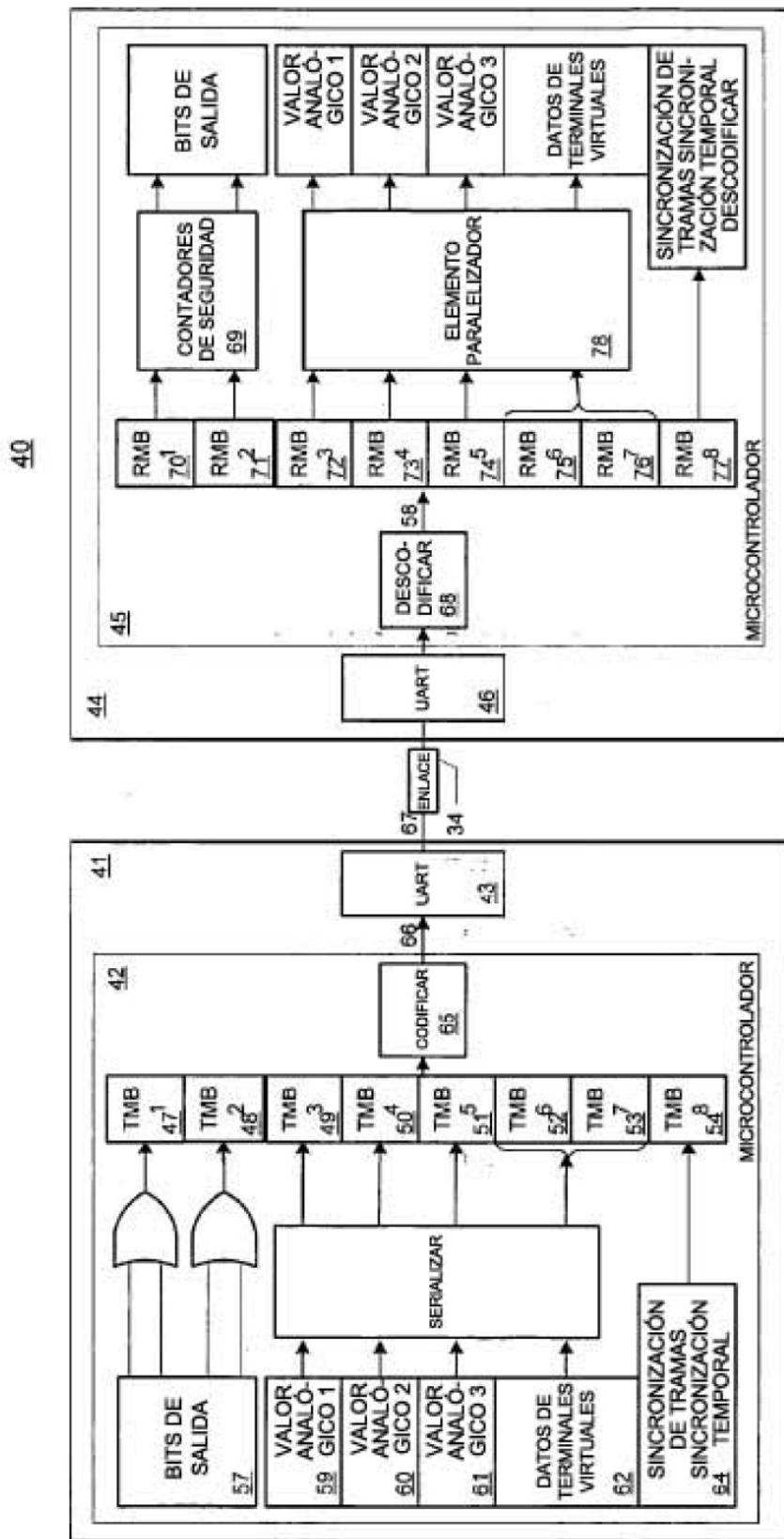
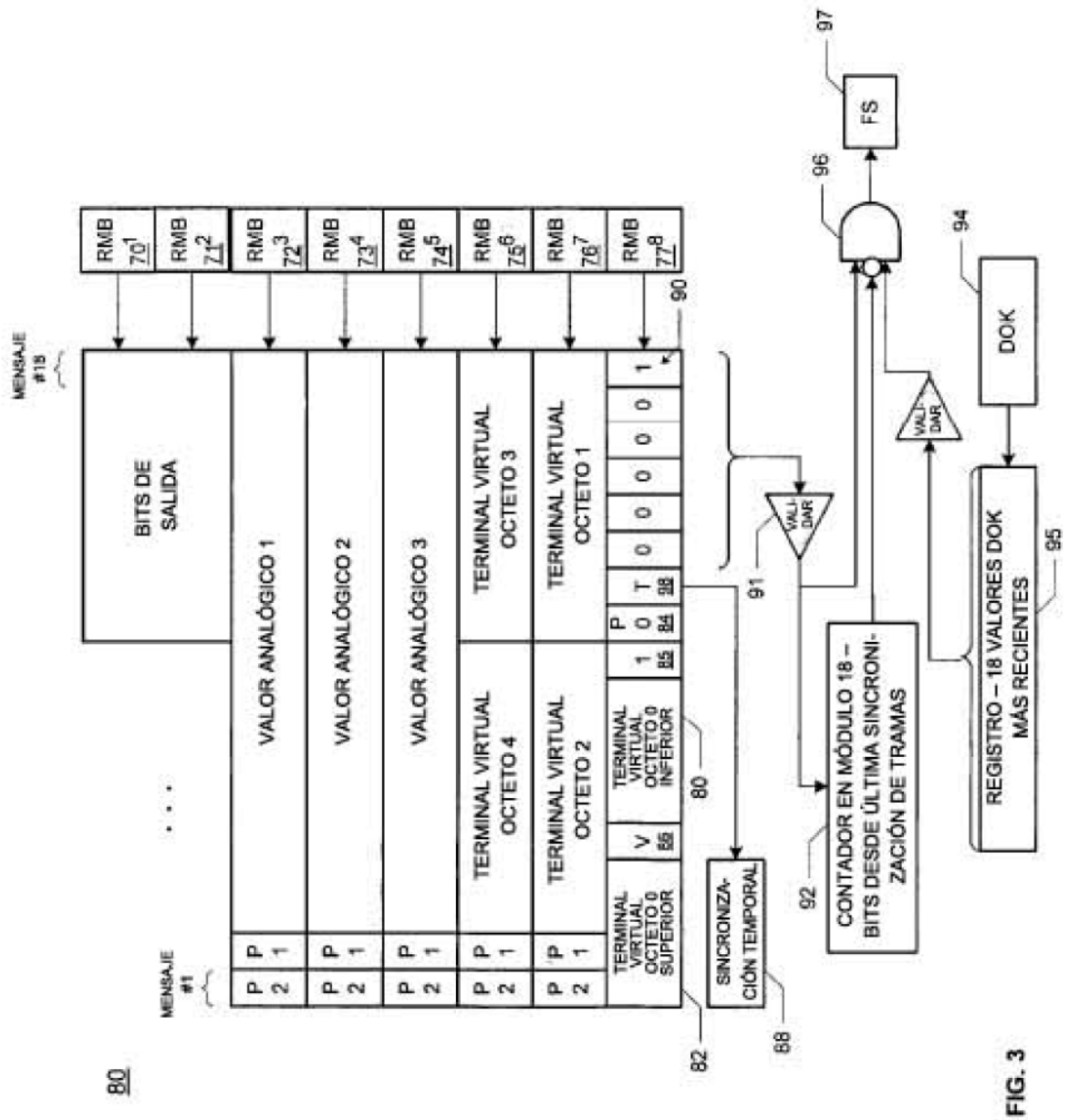
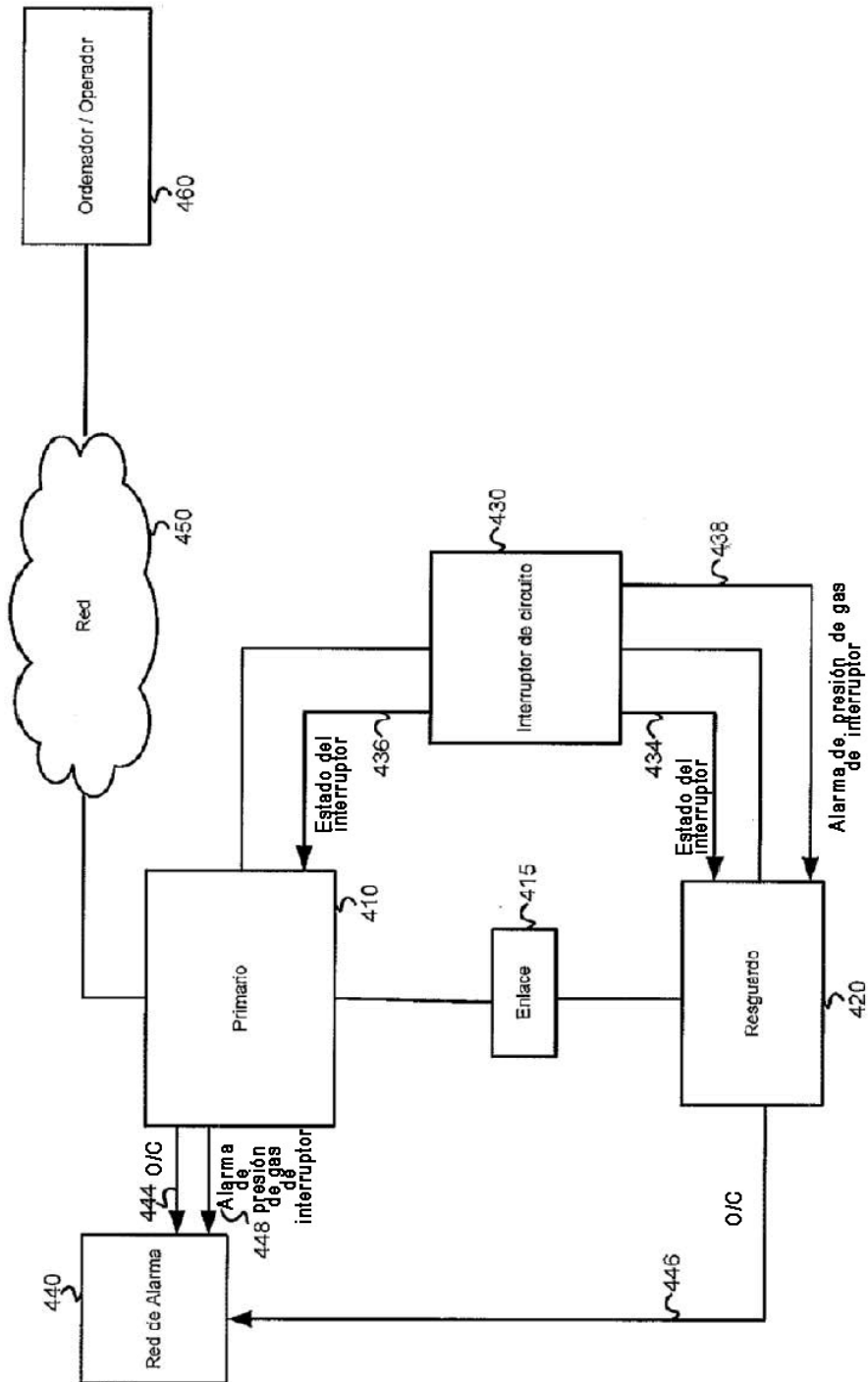


FIG. 1







400

Figura 4

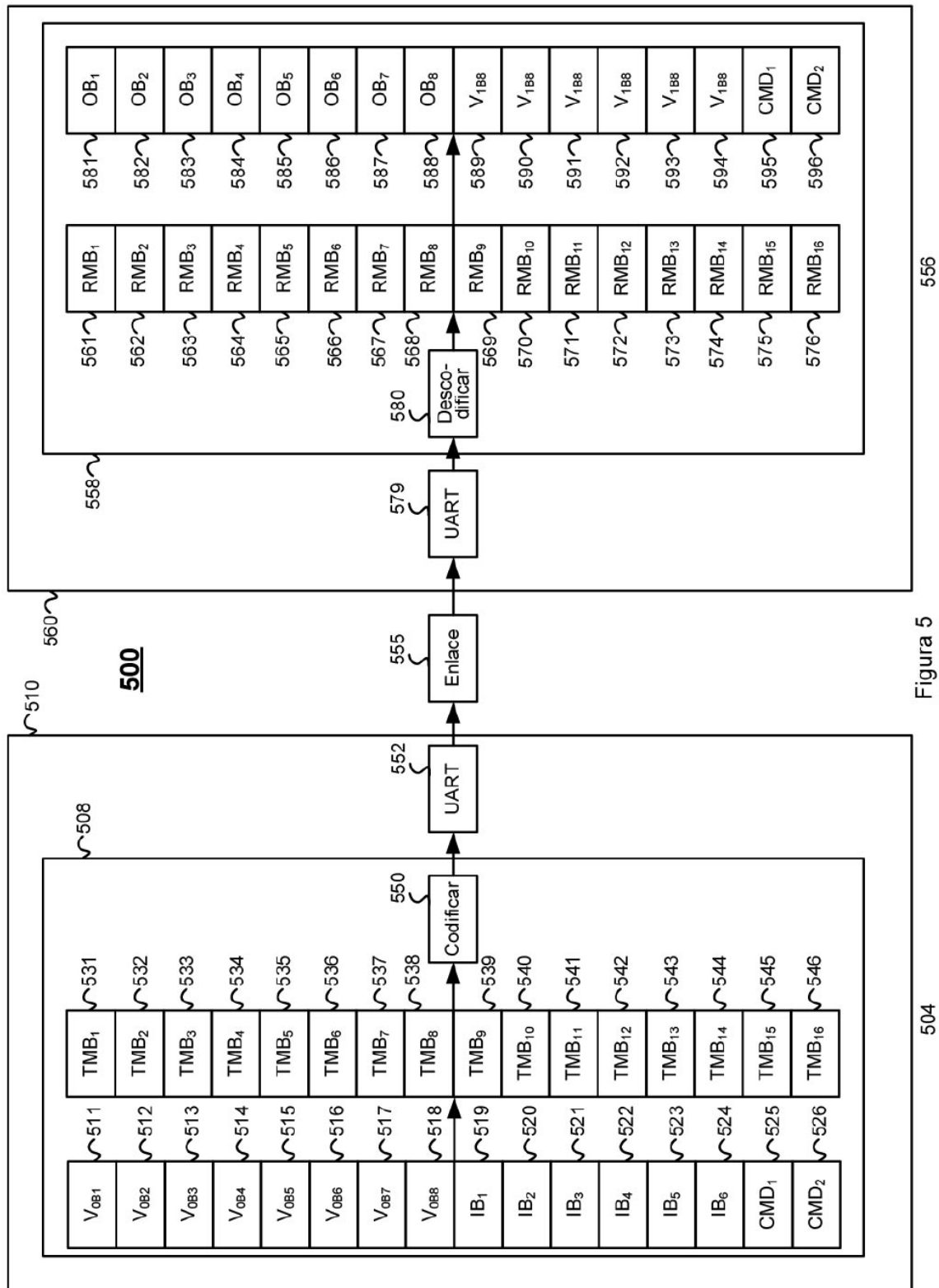


Figura 5

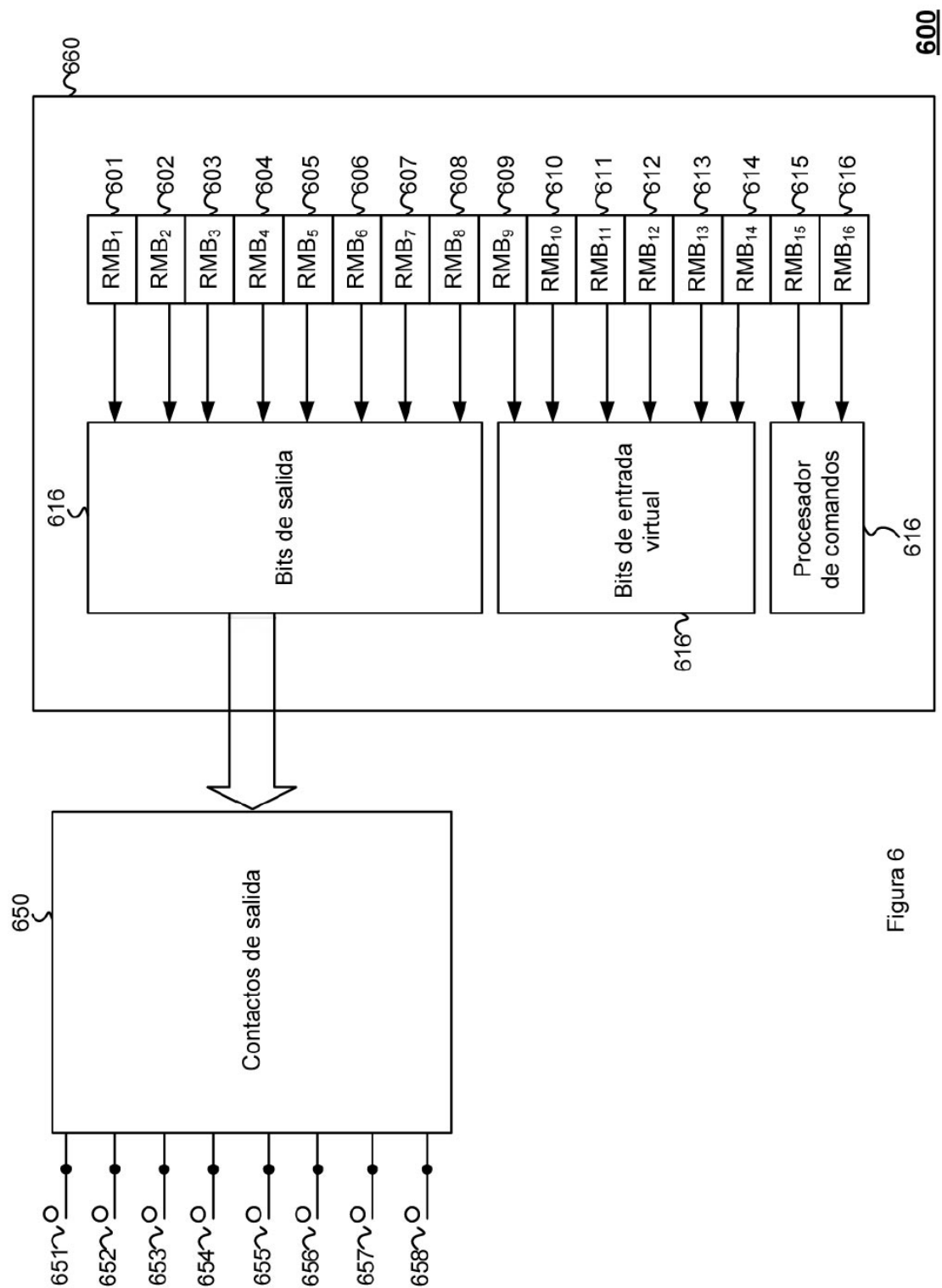


Figura 6

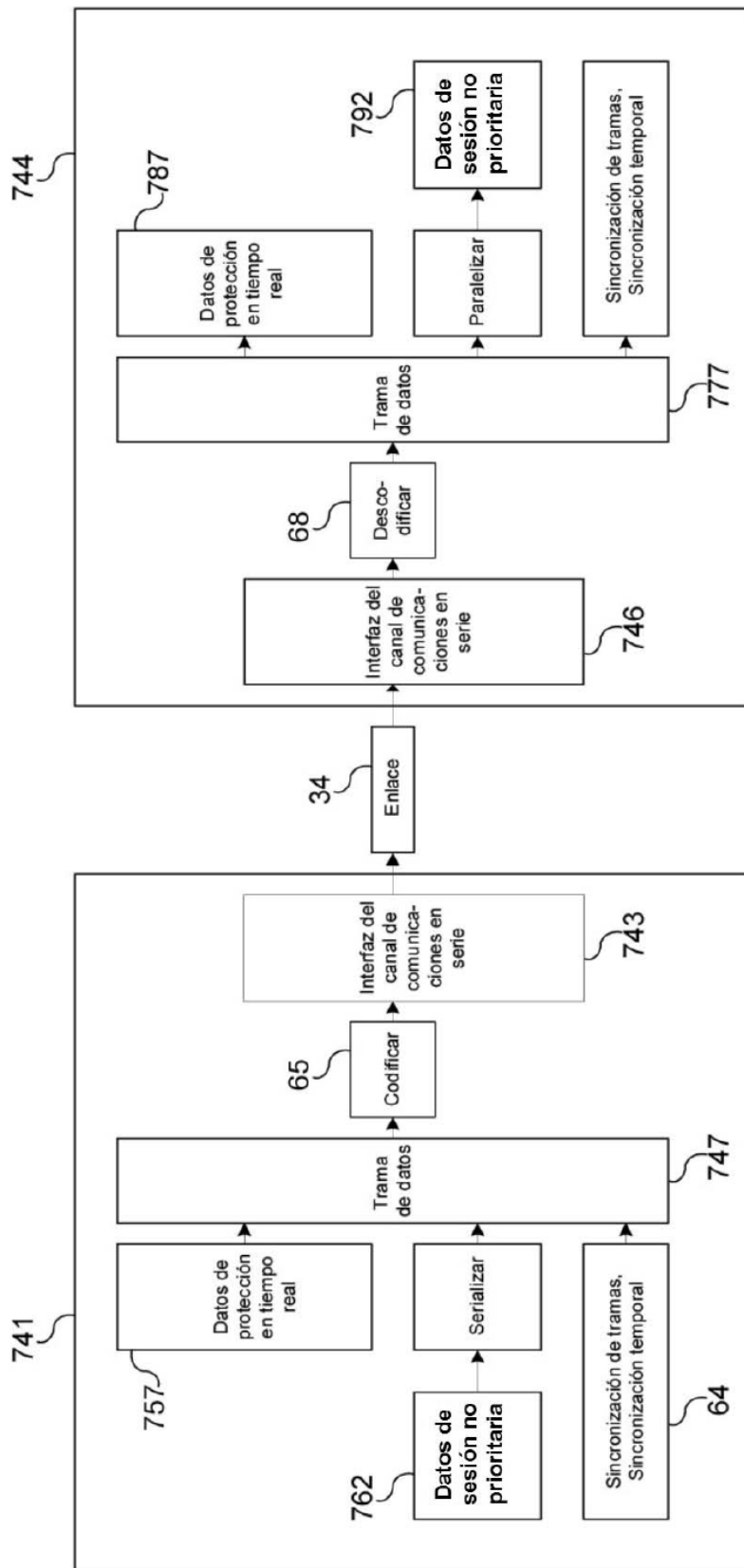


Figura 7