

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 243**

51 Int. Cl.:
H04L 12/26 (2006.01)
G05B 19/418 (2006.01)
H02J 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09168031 .4**
96 Fecha de presentación: **18.08.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2288080**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2011**

54 Título: **Análisis del rendimiento de la comunicación de un dispositivo electrónico inteligente (IED)**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.05.2012

73 Titular/es:
ABB Technology AG
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:
Hilpert, Gunnar;
Obrist, Michael y
Wimmer, Wolfgang

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 381 243 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

Análisis del rendimiento de la comunicación de un dispositivo electrónico inteligente (IED).

Campo de la invención

5 La invención se refiere al campo de los sistemas de Control de Procesos, y en particular a los sistemas de Automatización de Subestación, con una representación de configuración estandarizada.

Antecedentes de la invención

10 Las subestaciones en las redes eléctricas de alta y media tensión incluyen dispositivos primarios tales como cables eléctricos, líneas, barras, interruptores, transformadores de potencia y transformadores de medida, que se disponen generalmente en los parques y/o posiciones de maniobra. Estos dispositivos primarios se operan de forma automatizada a través de un sistema de Automatización de Subestación (SA). El sistema de SA comprende dispositivos secundarios, entre los que los dispositivos electrónicos inteligentes (IED) son los responsables de la protección, el control y la monitorización de los dispositivos primarios. Los dispositivos secundarios pueden asignarse jerárquicamente a un nivel de estación o a un nivel de posición del sistema de SA. El nivel de estación a menudo incluye un ordenador de supervisión que comprende una estación de trabajo de operador (OWS) con una interfaz hombre-máquina (HMI) que ejecuta un software de Control de Supervisión a nivel de estación y de Adquisición de Datos (SCADA), así como, una pasarela que comunica el estado de la subestación a un Centro de Control de Red (NCC) y recibe las órdenes de éste. Los IED en el nivel de posición, también llamados unidades de posición, se conectan a su vez entre sí así como a los IED en el nivel de estación a través de un bus entre posiciones o de estación, que sirve principalmente al propósito de intercambiar las órdenes y la información de estado.

15 Los dispositivos secundarios en un nivel de proceso del sistema de SA comprenden, transformadores de medida (IT) convencionales para las mediciones de tensión (Transformadores de Tensión VT) y de corriente (Transformadores de Corriente TC), sensores de densidad del gas o de presión, así como sondas de contacto para la detección de las posiciones de los interruptores y del cambiador de tomas del transformador. Además, sensores inteligentes de ejemplo, tales como, los sensores electrónicos no convencionales u ópticos de corriente o tensión que comprenden un convertidor analógico a digital (A/D) para el muestreo de señales analógicas, y que se conectan a las unidades de una posición a través de un bus dedicado, o de un servicio de comunicación dedicado en un sistema de comunicación común, como parte de una interfaz de procesos inteligente. Este último reemplaza a la interfaz de proceso cableada convencional que conecta a los Transformadores de Medida convencionales en el parque de maniobras, a través de cables de cobre y cajas de conexión dedicados, a las diferentes unidades de posición que, individualmente, muestran las señales analógicas de los IT.

20 Se ha introducido una norma de comunicación para la comunicación entre los dispositivos secundarios de una subestación por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), como parte de la norma IEC 61850 titulada "communication networks and systems in substations". Para mensajes de informe no críticos en tiempo, la sección IEC 61850-8-1 especifica el protocolo de Especificación del Mensaje de Fabricación (MMS, ISO / IEC 9506), basado en la pila de protocolos de la Interconexión de los Sistemas Abiertos (OSI) reducida, con el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el Protocolo de Internet (IP) en la capa de transporte y de red, respectivamente, y Ethernet y/o RS-232C como los medios físicos. Para los mensajes basados en eventos en los que el tiempo es crítico, tales como las órdenes de disparo, la sección IEC 61850-8-1 especifica directamente los Eventos de Subestación Orientados a Objetos Genéricos (GOOSE) en la capa de enlace con Ethernet de la pila de comunicación. Para las señales que cambian periódicamente muy rápido a nivel de proceso, tales como las mediciones analógicas de tensiones o de corrientes, la sección IEC 61850-9-2 especifica el servicio de Valor de Muestreo (SV), que al igual que GOOSE se construye directamente en la capa de enlace de Ethernet. Por lo tanto, la parte 9 de la norma define un formato para publicar, como mensajes de multidifusión en una Ethernet industrial, los datos de medición digitalizados de los sensores de corriente o de tensión en el nivel de proceso como un sustituto del cableado de cobre tradicional.

25 Los sistemas de SA basados en la norma IEC 61850 se configuran por medio de una representación de la configuración estandarizada o de descripción del sistema formal llamada Descripción de la Configuración de la Subestación (SCD). Un archivo SCD comprende el flujo de los datos lógicos entre los IED en un modo "por mensaje", es decir, para cada origen del mensaje, una lista de los IED de destino o de recepción, el tamaño del mensaje en términos de definiciones de conjuntos de datos, así como las tasas de envío de mensajes para todos los informes en modo de tráfico, el GOOSE y el SV.

30 Como se ha mencionado, la norma IEC 61850 presenta diferentes servicios de comunicación para las aplicaciones de Automatización de Subestación, en las que un tiempo de comunicación predecible y determinista es esencial para al menos las funciones en tiempo real relacionadas con la seguridad y la protección entre estas aplicaciones. Sin embargo, para grandes sistemas de control de proceso de hasta 500 IED que se comunican entre sí y con el aumento de las necesidades de comunicación crítica en tiempo real, debido a la comunicación multidifusión que atraviesa todo el sistema, la carga de comunicación llega a ser crítica. Esto es especialmente cierto para la multidifusión GOOSE y los mensajes SV de acuerdo con la norma IEC 61850, y tiene un impacto en todo el sistema

de comunicación, es decir, en el comportamiento de una Ethernet basada en conmutadores, así como en los transmisores y receptores de mensajes individuales. Mientras que el rendimiento de una pila de comunicación de un transceptor depende principalmente del rendimiento de la CPU y de la calidad del software de implementación, otras causas como las tareas de aplicación que comparten la CPU, o una conexión a la aplicación a través de las colas o la memoria compartida, podría tener, además, un impacto asimismo en el tiempo de procesamiento de la pila de comunicación.

Generalmente, si una aplicación de misión crítica depende del rendimiento en tiempo real garantizado, la elección es un protocolo determinista donde se puede calcular de antemano el comportamiento de la comunicación. Son ejemplos típicos, los buses periódicos como se definen, por ejemplo, en la norma IEC 61375 (Bus de Vehículo Multifunción MVB) o el bus de campo en tiempo real WorldFIP. De acuerdo con éstos, se transfiere permanentemente una cantidad máxima posible de datos, de modo que el tiempo de comunicación fijo está siempre de acuerdo con la carga máxima posible. Sin embargo, esto último no se aplica a la red Ethernet basada en el bus no periódico adoptado por la norma IEC 61850. Aquí, los conmutadores se utilizan para eliminar el efecto de las colisiones, y se podrían esperar efectos de situación en cola de los conmutadores en caso de una alta carga de comunicación. Por otro lado, en una red Ethernet con una capacidad de 100 MB/s o incluso de 1 GB/s los cuellos de botella, para la mayoría de las aplicaciones actuales de SA, residen en los dispositivos finales (IED) y no en el sistema Ethernet basado en conmutadores.

En el documento de patente EP 1610495, el análisis de fallos para analizar una causa de un fallo en el rendimiento de una red de comunicación se realiza durante la ejecución de una aplicación de comunicación. Para este propósito, se capturan los mensajes o los paquetes y se registran las transferencias de los mensajes en curso y los tiempos de aparición del mensaje en el bus, en particular durante las situaciones de alta carga, o cuando se fuerzan ciertos esquemas de petición / respuesta. Basado en los tiempos registrados, se determinan los tiempos de ida y vuelta y de transferencia de mensajes. El inconveniente de este enfoque es que sólo es válido para los escenarios investigados, y sólo se pueden extraer de ellos conclusiones limitadas para otros escenarios. Además, el análisis de calidad de servicio se restringe al nivel de comunicación y no considera el efecto de un evento en un nivel de aplicación o de función. El documento de patente EP 1850142 es otro ejemplo de análisis de los sistemas de SA de acuerdo con la norma IEC 61850.

Los principios y métodos de la siguiente invención de ninguna manera se limitan a un uso en la automatización de subestaciones, sino que se aplican igualmente a otros sistemas de Control de Procesos con una descripción de la configuración estandarizada. En particular, tiene que tenerse en cuenta que la norma IEC 61850 es también una norma aceptada para centrales Hidroeléctricas, sistemas de energía Eólica y Recursos Energéticos Distribuidos (DER).

Descripción de la invención

Por consiguiente, es un objetivo de la invención predecir el rendimiento de la comunicación en tiempo real, u operacional, de una red de comunicación de un sistema de Automatización de Subestación (SA) con una pluralidad de Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED) en comunicación. Este objetivo se consigue mediante un método de análisis del rendimiento de una pila de comunicación de un solo IED y una herramienta de análisis de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 6, respectivamente. Además, las realizaciones preferidas son evidentes a partir de las reivindicaciones de patente dependientes.

De acuerdo con la invención, se analiza un rendimiento de la pila de comunicación de un IED adaptado para procesar los mensajes de red que se transfieren con, o que pertenecen a, un servicio específico de comunicación de Automatización de Subestación configurable. Esto comprende la ejecución de una pluralidad de escenarios realistas a nivel de aplicación que corresponden a una alta carga de comunicación tal como la desencadenada por un evento de fallo. Entre todos los mensajes de red capturados o interceptados durante el escenario, se identifican los mensajes de red destinados al IED y enviados por el IED en respuesta. Se determinan un número de mensajes identificados, un número de elementos del protocolo de comunicaciones específicos o elementos de datos relacionados con una propiedad específica del servicio, así como un número de elementos de protocolo cambiados, indicativos de un evento de SA, para el cual el valor del elemento de datos ha cambiado comparado con el valor del mismo elemento de datos en un mensaje previo. Se determina, igualmente, un tiempo de procesamiento intrínseco a los IED de los mensajes identificados, basado en que se calculan los valores de los parámetros de un modelo del tiempo de procesamiento específico de servicio o comunicación.

En una variante preferida, se analiza y se modela en común una pluralidad de servicios de comunicación de SA. Cada servicio de comunicación de SA puede incluir independientemente los parámetros del modelo de tiempo de procesamiento para los elementos del protocolo respectivo hasta un grado deseado de granularidad o detalle.

En otras realizaciones ventajosas, se emula un escenario de SA durante las pruebas o la puesta en marcha de una configuración específica del sistema de SA, por medio de un sintetizador dedicado que genera los mensajes de red correspondientes destinados al IED en prueba. El sintetizador puede ser idéntico al analizador. Alternativamente, una ráfaga de mensajes que corresponden al escenario puede desencadenarse por la simulación de un evento de fallo en el nivel de proceso. En otras palabras, el análisis del rendimiento de la pila de comunicación del IED se

realiza mucho antes de la ocurrencia real de un evento de fallo en una subestación real. Sin embargo, esto último puede explotarse mediante el registro de los mensajes de red correspondientes en vista a una verificación o del ajuste fino de los parámetros del modelo durante la operación del sistema de SA.

5 En resumen, la presente invención propone la captura de mensajes en diferentes situaciones de alta carga y la evaluación de los tiempos de registro del mensaje en el bus. Mediante el uso de la descripción del nivel de aplicación definido de todos los datos y mensajes de comunicación de la norma IEC 61850, y la aplicación de un modelo de comunicación de grano fino, se calculan alguna característica de la pila y las cifras relativas al modelo de comunicación. El método propuesto de evaluación del rendimiento de la pila de comunicación de un IED considera al IED como una caja negra, y analiza su rendimiento en una manera semi-heurística basada en las propiedades de los protocolos de la IEC 61850 subyacentes. Siempre se determinan parámetros útiles para una configuración de la SA dependiente de un proyecto específico. Entonces, el modelo resultante permite cálculos de rendimiento para otros escenarios de carga formulados en términos de carga en el nivel de la aplicación.

15 La presente invención se refiere también a un producto de programa de ordenador que incluye el código del programa de ordenador para controlar uno o más procesadores de un IED o una herramienta de análisis u otro dispositivo adaptado para conectarse a una red de comunicación de un sistema de SA y configurado para almacenar una representación de la configuración estandarizada del sistema de SA, particularmente, un producto de programa de ordenador que incluye un medio que pueda leer un ordenador que contiene en él el código de programa de ordenador.

Breve descripción de los dibujos

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

la Fig. 1 representa un fragmento de una subestación y el correspondiente sistema de Automatización de Subestación,

25 la Fig. 2 representa una secuencia de mensajes intercambiados a través de una red de comunicaciones de SA, y

la Fig. 3 es un diagrama de flujo que enumera las etapas de análisis del rendimiento de la comunicación de un IED.

30 Los símbolos de referencia usados en los dibujos, y sus significados, se enumeran de forma resumida en la lista de designaciones. En principio, las partes idénticas se proporcionan con los mismos símbolos de referencia a todo lo largo de las figuras.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La Fig. 1 muestra un diagrama unifilar de una parte o sección de una subestación o parque de maniobras de ejemplo, junto con alguna Automatización de Subestación (SA) o equipo secundario. La subestación comprende una configuración de doble barra con dos barras 10, cada una de ellas alimenta a dos posiciones 11 y 11' a través de los seccionadores QB1, QB2. Cada posición dispone de un interruptor QA1, un seccionador QC1 y un seccionador de puesta a tierra QE1. El fragmento correspondiente del sistema de SA representa, en líneas gruesas, una red de comunicación 20 conectada a dos dispositivos electrónicos inteligentes (IED) 21, 22, en los que ambos acogen nodos lógicos de la clase CSWI (control de interruptores). Cada nodo lógico se asigna a uno de los interruptores QA1 mencionados anteriormente como se indica por las líneas de puntos y rayas. El analizador 23 está conectado a la red 20 y adaptado para interceptar todos los mensajes o paquetes de red hacia, y desde, el IED 21. Este tráfico de red puede emanar de un proceso real de SA, o simularse por un sintetizador dedicado. En particular, en el caso en que se importe dentro del analizador 23, un archivo SCL 23 específico de la subestación que comprende una Descripción de Configuración de la Subestación (SCD) del sistema de SA, este último puede, por sí mismo, generar y transmitir mensajes de red al IED 21 en pruebas.

45 La Fig. 2 representa una ráfaga, es decir, una secuencia de ejemplo de mensajes 30 transmitida desde el analizador 23 al IED 21, donde el tiempo está progresando de arriba hacia abajo, y donde cada diagonal representa un único mensaje, y en el que los diferentes estilos de línea discriminan mensajes de acuerdo con los diferentes servicios de comunicación de SA. El IED 21, a su vez, transmite un número de mensajes de respuesta 31, en los que se determina por el analizador 23 el tiempo t_p transcurrido entre el primer mensaje recibido y el último mensaje transmitido por el IED. Para este propósito, el analizador también puede tener en cuenta el tiempo de transmisión puro en el bus como se conoce a partir de la longitud del mensaje y la tasa de bits de Ethernet.

55 La Fig. 3 es un diagrama de flujo que ilustra el proceso de análisis de un rendimiento de la comunicación de un IED de acuerdo a la invención. En la etapa 101, se ejecuta un primer escenario de comunicación $h = 1$. En la etapa 102, se identifica un número $n_1(h)$ de mensajes de red relacionados con un servicio de comunicación de SA y procesados por el IED. En la etapa 103, se determina un número $n_2(h)$ de elementos de protocolo de comunicación específicos dentro del número n_1 de mensajes de red identificados. En la etapa 104, se determina un número $n_3(h)$ de elementos

con un valor de los datos cambiado en el número n_2 de los elementos de protocolo de comunicación específicos. En la etapa 105, se determina, un tiempo de procesamiento $t_p(h)$ de los mensajes de red identificados en el IED. Después de esto, se ejecuta un siguiente escenario $h = h + 1$. Finalmente, en la etapa 106, se calculan, en base a los números n_1, n_2, n_3 y en el tiempo de procesamiento t_p para cada uno de la pluralidad de escenarios de SA, los parámetros específicos del servicio de comunicaciones de SA, k_1, k_2, k_3 de un modelo de tiempo de procesamiento que incluye el elemento de protocolo específico.

El tiempo de procesamiento de la pila de comunicación depende del servicio de comunicación de SA o del tipo de protocolo del mensaje, tal como MMS (Especificación de Mensaje de Fabricación) para la presentación de informes, GOOSE (Eventos de Subestación Orientados a Objetos Genéricos) y SV (Valor de Muestreo), y de los diferentes elementos o entidades de protocolo a ser procesados. Dentro de la norma IEC 61850 y para los servicios de comunicaciones de SA que proporcionan un envío de datos espontáneo, estos elementos de protocolo constituyen el manejo de 1) los mensajes completos, 2) los elementos de datos dentro de un mensaje individual y 3) los eventos, es decir, los elementos de datos con los valores cambiados. Estos elementos son diferentes para diferentes servicios de comunicación con, por ejemplo, el número de eventos igualando el número de elementos de datos para la presentación de informes y sobre todo para el SV, sin embargo típicamente no para GOOSE, y los tiempos de procesamiento relacionados son, generalmente, independientes entre sí dentro de un único servicio.

Tres mejoras de ejemplo, aunque de ninguna manera exhaustivas, del modelo de tiempo de procesamiento, ignoradas en la siguiente realización en aras de la simplicidad, se basan en las siguientes observaciones.

(i) El tiempo de manejo para un evento puede depender del tipo de datos del valor.

(ii) Se pueden distinguir los tiempos de procesamiento de envío y recepción del mensaje por/a el IED.

(iii) Los servicios con diferentes prioridades pueden manejarse de manera diferente, por lo que la consideración de las diferencias del grupo de prioridad además de las diferencias del tipo de servicio de comunicación permitiría una evaluación del tiempo de procesamiento de detalle más fino.

Un modelo de tiempo de procesamiento lineal específica, para un servicio de comunicación particular de SA j que implica a los mensajes de un tipo de protocolo de mensaje particular, el tiempo de procesamiento correspondiente t_p^j para una ráfaga de mensajes como:

$$t_p^j = \sum_i (n_i^j * k_i^j) = k_1^j * msgno^j + k_2^j * datano^j + k_3^j * eventno^j$$

con la siguiente interpretación:

- t_p^j : tiempo para procesar los mensajes del tipo de protocolo específico para el servicio j
- $msgno$ ($= n_1^j$): número de mensajes de dicho tipo de protocolo en la ráfaga
- $datano$ ($= n_2^j$): número de elementos de datos en dichos mensajes (en general, independientes de n_1^j , es decir, el número de elementos de datos por mensaje puede variar dentro de un tipo de mensaje)
- $eventno$ ($= n_3^j$): número de valores de datos cambiados en dichos elementos de datos

Con el fin de calcular las constantes específicas del servicio de comunicación k_i^j para un IED particular, un analizador conectado a la misma red de comunicación de SA que el IED observa el tráfico de la red desde, y hacia, el IED, incluyendo tanto mensajes de multidifusión, así como los mensajes explícitamente direccionados al IED. Esto determina el tiempo t_p transcurrido entre el primer mensaje de una ráfaga recibida por el IED y el último mensaje transmitido por el IED en la ráfaga. Generalmente, todos los tipos de servicios están presentes en una ráfaga, y la duración de la ranura de tiempo t_p se asume que contiene una contribución de cada servicio, es decir, $t_p = \sum_j t_p^j$. Debido al procesamiento en serie de los diferentes mensajes, no importa un predominio de un tipo de mensaje o el orden de los mensajes. Por otro lado, a fin de no sobrestimar las constantes específicas de servicio k_i^j , la pila de comunicación debería estar continuamente procesando los mensajes, requiriendo medios para una apropiada situación en cola de los mensajes a ser procesados.

Además, el analizador determina el tipo de cada mensaje capturado, cuenta el número n_1 de mensajes por tipo, inspecciona cada mensaje para determinar el número de elementos de datos n_2 y de eventos n_3 por tipo. En este contexto, el analizador puede verificar que ningún mensaje se pierde en el medio entre el analizador y del IED. Esto se hace mediante la evaluación adicional de los mensajes de supervisión del receptor a partir de la cuenta del IED de los mensajes de entrada perdidos, o las cuentas de la secuencia de mensajes para cada tipo de servicio de la IEC 61850 con el fin de identificar los mensajes enviados por el IED, pero que no llegan al analizador. Por otro lado, la manipulación correcta de una pérdida de un evento a nivel de aplicación requeriría, por ejemplo, para GOOSE y SV, una aplicación de IED especial que devuelva cualquier cambio de datos recibido (evento).

Una ráfaga típica de mensajes provocada por un disparo en las barras dura aproximadamente 100 ms e incluye alarmas de supervisión, disparos de protección, cambios de posición de interruptores y cambios de medición. Por

5 calle, esto puede dar como resultado de 5 a 10 mensajes de informe y de 6 a 12 mensajes GOOSE en 12 ms y además de los 4000 mensajes/s para el tráfico periódico del SV para cada uno de los dos VT en la calle. Un escenario de ráfaga puede explotarse por el analizador mediante la determinación de un comienzo de ráfaga a partir de un evento / mensaje específico, y un final de ráfaga a partir de un silencio prolongado de 10 ms o más. Alternativamente, puede evaluarse cualquier secuencia de mensajes con una demora máxima configurable de unos pocos milisegundos entre los mensajes sucesivos, y que se procesan continuamente por la pila de comunicación.

10 Al proporcionar mediciones independientes durante espacios de tiempo de alta carga (por ejemplo, nueve escenarios de ráfagas distintos con los números de $n_i^j(h)$ ($h = 1...9$) que forman una matriz invertible de rango máximo para un modelo de tiempo de procesamiento con tres servicios y tres constantes cada uno) se pueden calcular las constantes apropiadas k_i^j . Como aquí no se investigan los tiempos de reacción dependientes de la aplicación, los valores calculados se suponen independientes del nivel de aplicación o de función, por lo tanto el modelo de tiempo de procesamiento resultante puede utilizarse más tarde para otros escenarios de carga en la misma configuración del sistema de SA, y en particular para estimar de antemano el efecto de la carga en el IED.

15 Los números relacionados con la aplicación de las medidas anteriores, pueden usarse a su vez, para definir o verificar escenarios relacionados de aplicación asumida como la carga normal, y ciertas situaciones del peor caso. En particular, conociendo la carga en estado normal o estable en forma de cambios de datos a nivel de aplicación, que pueden transformarse en un conjunto de datos y un escenario de servicio debido a la descripción formal de cómo se comunican, se puede calcular una carga en estado estable basado en el modelo de tiempo de procesamiento. Asumiendo $msgno$, $datano$ y $eventno$ como promedios por segundo, una verificación directa del tiempo de procesamiento total resultante indica, si excede o no de 1 segundo, si el IED se ejecuta estable o no.

20 Finalmente, si el análisis anterior se realiza para todo el sistema de SA, los modelos detallados resultantes pueden usarse como una base para calcular las diferentes medidas globales en diferentes niveles del modelo IEC 61850 para los diferentes IED, tales como:

- 25 - tasa de mensajes por punto de acceso, tasa de eventos por punto de acceso (si varios Nodos Lógicos se implementan por IED)
- relación de elementos de datos cambiados en comparación con los elementos de datos enviados (interesante especialmente para GOOSE y SV) y en comparación con los mensajes enviados
- tasa de eventos por punto de acceso y por tipo de servicio de comunicación
- tiempo de procesamiento por tipo de datos (clase de datos común de la IEC 61850)
- 30 - tasas de evento por elemento de datos

Lista de designaciones

- 10 barras
- 11 posición
- 20 red de comunicaciones
- 35 21 primer Dispositivo Electrónico Inteligente (IED)
- 22 segundo IED
- 23 analizador
- 24 archivo SCL

REIVINDICACIONES

1. Un método de análisis del rendimiento de la comunicación de un Dispositivo Electrónico Inteligente IED (21) adaptado para procesar los mensajes de red transferidos con un servicio de comunicación de Automatización de Subestación (SA), comprendiendo, durante cada de uno de la pluralidad de escenarios de SA,
- 5 - identificar, mediante un analizador (23), un número n_1 de mensajes de red relacionados con el servicio de comunicación de SA y procesados por el IED,
- determinar, en el número n_1 de mensajes de red identificados, un número n_2 de elementos de protocolo de comunicación específicos,
- 10 - determinar, en el número n_2 de elementos de protocolo de comunicación específicos, un número n_3 de elementos con un valor de datos cambiado,
- determinar un tiempo de procesamiento t_p de los mensajes de red identificados en el IED, comprendiendo además,
- calcular, basado en los números n_1 , n_2 , n_3 y en el tiempo de procesamiento t_p para cada uno de la pluralidad de escenarios de SA, los parámetros específicos de servicio de comunicaciones de SA, k_1 , k_2 , k_3 de un modelo de tiempo de procesamiento que incluye el elemento de protocolo específico.
- 15
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el IED (21) se adapta para procesar los mensajes de red relacionados con una pluralidad de distintos servicios de comunicación de SA (MMS, GOOSE, SV), **caracterizado por que** comprende
- 20 - identificar, para cada uno de los servicios de comunicación de SA, un número total n_1^j de mensajes de red relacionados con el servicio de comunicación de SA y procesados por el IED,
- determinar, para cada uno de los servicios de comunicación de SA y en el número respectivo n_1^j de mensajes de red identificados, un número n_2^j de elementos de protocolo de comunicación específicos,
- determinar, para cada uno de los servicios de comunicación de SA y en el número respectivo n_2^j de elementos de protocolo, un número n_3^j de elementos con un valor de datos cambiado,
- 25 - calcular, basado en los números n_1^j y en el tiempo de procesamiento total t_p determinado para cada uno de la pluralidad de escenarios de SA, los valores de los parámetros k_i^j de un modelo de tiempo de procesamiento para el IED (21).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** comprende
- 30 - emular un escenario de SA mediante la generación de los mensajes de red correspondientes por un sintetizador (23), o mediante la simulación de un fallo a nivel de proceso.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** comprende
- registrar los mensajes de red durante un evento real de SA, y verificar los valores de los parámetros del modelo de tiempo de procesamiento calculados previamente, basado en ellos.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** comprende
- 35 - predecir, basado en el modelo de tiempo de procesamiento, el rendimiento del IED (21) durante los escenarios de carga a nivel de aplicación de SA que no se han considerado para el cálculo de los parámetros del modelo.
6. Una herramienta de análisis para analizar el rendimiento de la comunicación de un Dispositivo Electrónico Inteligente IED (21) adaptada para procesar los mensajes de red transferidos con un servicio de comunicación de la Automatización de Subestación SA, adaptado para realizar los pasos de acuerdo con el método como se reivindica en la reivindicación 1 ó 2.
- 40

Fig. 1

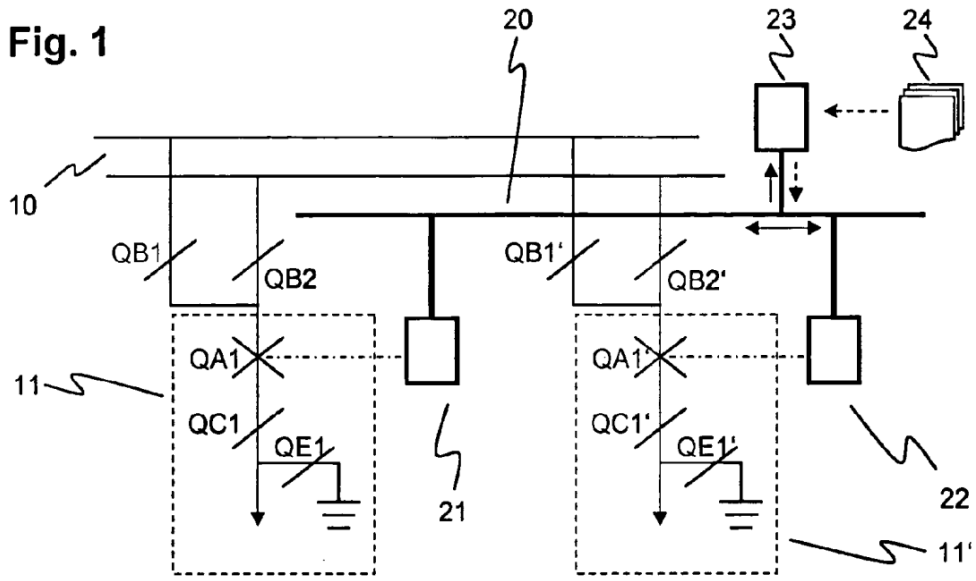


Fig. 2

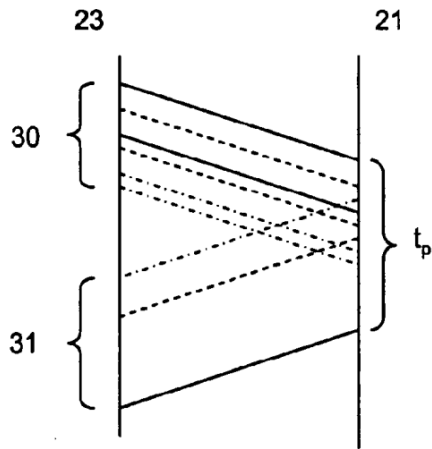


Fig. 3

