

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 800**

51 Int. Cl.:
H04L 12/24 (2006.01)
G05B 19/418 (2006.01)
H04L 12/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08105066 .8**
96 Fecha de presentación: **18.08.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2157731**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.02.2010**

54 Título: **ANÁLISIS DE CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN EN UN SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.12.2011

73 Titular/es:
ABB TECHNOLOGY AG
AFFOLTERNSTRASSE 44
8050 ZÜRICH, CH

72 Inventor/es:
Wimmer, Wolfgang

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 369 800 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 de configuración de comunicación en un sistema de control de procesos

Campo de la invención

La invención se refiere al campo de los sistemas de control de procesos, y en particular a sistemas de automatización de subestaciones, con una representación de configuración estandarizada.

Antecedentes de la invención

Las subestaciones en redes de energía de alta y media tensión incluyen dispositivos primarios tales como cables eléctricos, líneas, barras de bus, conmutadores, transformadores de potencia y transformadores de medida, que están generalmente dispuestos en los patios y/o bahías de conmutación. Estos dispositivos primarios son operados de forma automatizada a través de un sistema de automatización de subestaciones (SA). El sistema de SA comprende dispositivos secundarios, llamados dispositivos electrónicos inteligentes (IED), responsables de la protección, el control y la monitorización de los dispositivos primarios. Los IEDs pueden ser asignados a niveles jerárquicos, es decir, el nivel de la estación, el nivel de la bahía, y el nivel de proceso, estando este último separado del nivel de bahía por una llamada interfaz de proceso. El nivel de la estación del sistema de SA incluye una estación de trabajo del operador (OWS), con una interfaz hombre-máquina (HMI) y una puerta de entrada a un Centro de Control de Red (NCC). Los IEDs en el nivel de la bahía, llamado también unidades de la bahía, a su vez están conectados entre sí, así como a los IEDs en el nivel de la estación a través de una inter-bahía o bus de estación, que sirve sobre todo para el propósito de intercambiar información de estado y comandos.

Los IEDs en el nivel de proceso incluyen sensores electrónicos para las mediciones de tensión (VT), corriente (CT) y densidad del gas, sondas de contacto para la detección de las posiciones del cambiador de tomas del conmutador y el transformador, y/o actuadores inteligentes (I/O) para el control conmutadores tales como conmutadores o seccionadores. IEDs de ejemplo de nivel de procesos como transformadores de corriente o de tensión no convencionales comprenden una de convertidor analógico a digital (AD) para el muestreo de señales analógicas. Los IEDs de nivel de procesos están conectados a las unidades de bahía a través de un bus de proceso, que puede considerarse como la interfaz de proceso que reemplaza la interfaz de proceso cableada convencional. Esta última se conecta a un transformador de corriente o de tensión convencional en el conmutador al equipo de nivel de bahía a través de cables de cobre dedicados, en cuyo caso las señales analógicas de los transformadores del instrumento se muestrean mediante las unidades de bahía.

Un estándar de comunicación para la comunicación entre los dispositivos secundarios de una subestación se ha introducido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) como parte de la norma IEC 61850 titulada "redes de comunicación y sistemas en subestaciones". Para los mensajes críticos que no son de tiempo, IEC 61850-8-1 especifica el protocolo de especificación de mensajes de fabricación (MMS, ISO/IEC 9506) basado en una pila de protocolo de Interconexión de 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 medio físico. Para eventos basados en mensajes críticos en el tiempo, IEC 61850-8-1 especifica los eventos de subestaciones orientados a objetos genéricos (GOOSE) directamente en la capa de enlace Ethernet de la pila de comunicación. Para señales que cambian periódicamente muy rápido a nivel de proceso, tales como voltajes y corrientes analógicas medidas, IEC 61850-9-2 especifica el servicio del valor de la muestra (SV), que al igual que GOOSE se basa directamente en la capa de enlace Ethernet. Por lo tanto, la norma define un formato para publicar, como mensajes de multidifusión en una red Ethernet industrial, mensajes basados en eventos y datos digitalizados de medición de los sensores de corriente o tensión en el nivel de proceso. Los mensajes SV y GOOSE son transmitidos a través de un bus de proceso, lo que puede, particularmente en subestaciones rentables de media o de baja tensión, extenderse a las bahías vecinas, es decir, más allá de la bahía a la que se le asigna el sensor. En este último caso, el bus de proceso transmite, además de los datos de proceso, mensajes intercambiados de otra manera relacionados de comando y/o relacionados con el estado a través de una estación dedicada. A continuación, la distinción entre el proceso y el bus de estación en los sistemas de SA se elimina.

En general, la tecnología de los sistemas de comunicación, dentro de las Redes de Área Local (LAN) construidas mediante la conexión de una pluralidad de ordenadores u otros dispositivos inteligentes juntos, un concepto llamado "LAN virtual" (VLAN) utiliza la funcionalidad de agrupar de forma arbitraria y lógica terminales o nodos que están conectados a conmutadores de la red. Ethernet VLANs según IEEE 802.1Q permiten restringir el acceso a los terminales conectados a una red Ethernet dentro de una VLAN, así como la restricción del flujo de datos de mensajes de multidifusión Ethernet a partes predefinidas de la red Ethernet, donde se conectan los terminales receptores que pertenecen a la misma VLAN. Por lo tanto, una VLAN es capaz de reducir el tráfico innecesario en la red y garantizar la seguridad.

En el estado de la técnica, las definiciones de redes VLAN basadas en conmutadores Ethernet se manejan dentro de conmutadores Ethernet, por lo tanto, este último tiene que ser configurado o ser conscientes de otra manera de la VLAN relevante. Específicamente, para cada puerto de un conmutador, el conmutador tiene que saber si un mensaje

determinado de entrada VLAN (multidifusión) se enviará a este puerto o no, es decir, si este puerto también pertenece como puerto de salida a la VLAN del mensaje entrante.

En el estado de la técnica, redes basadas en conmutación Ethernet se supone que cualquier terminal conectado pertenece a una VLAN específica. Este terminal sólo puede hablar entonces con otros terminales que pertenecen a la misma VLAN. Al configurar los conmutadores, los puertos de estos terminales de comunicación son llamados puertos de acceso, y estos puertos de acceso sólo se les permite pertenecer a una VLAN, mientras que los otros puertos internos en el sistema de comunicación, llamados puertos troncales, puede pertenecer a varias VLAN. Tan pronto como son conocidos los IDs de la VLAN de los puertos de acceso, los conmutadores pueden determinar automáticamente los IDs de la VLAN a la que los puertos troncales deben pertenecer.

Los sistemas de SA basados en IEC61850 se configuran por medio de una representación de la configuración estandarizada o la descripción del sistema formal llamado descripción de configuración de subestaciones (SCD). Un archivo SCD comprende el flujo lógico de datos entre los IEDs en una base "por mensaje", es decir, para cada fuente del mensaje, una lista de destino o IEDs receptores, el tamaño de los mensajes en términos de las definiciones de conjuntos de datos, así como las velocidades de envío de mensajes para todo el tráfico periódico como informes GOOSE, SV y de integridad. El archivo SCD también especifica la distribución de mensajes de multidifusión en redes virtuales de área local (VLAN) en donde un solo IED puede enviar diferentes mensajes en tiempo real para diferentes propósitos en diferentes VLANs del sistema de comunicación de SA. Por lo tanto, el concepto anterior de puertos de acceso no se puede aplicar; sin embargo el concepto de puertos de borde, es decir, puertos que no tienen que ser considerados en el algoritmo para evitar el bucle RSTP en las redes de malla física, sigue siendo válido (en esta notación, un puerto de borde conectado a un nodo de extremo o IED que se asigna a una sola VLAN corresponde a un puerto de acceso). Esto complica la configuración de VLANs en los conmutadores.

Para grandes sistemas de control de procesos con mayores necesidades de comunicación crítica en tiempo real debido a la comunicación de multidifusión que atraviesa todo el sistema, la carga de la red de comunicación se vuelve crítica. Esto es especialmente cierto para los mensajes de multidifusión GOOSE y SV de acuerdo con IEC 61850, y tiene un impacto en todo el sistema de comunicación, así como en receptores de mensajes individuales. Además, la consistencia, la integridad y/o la corrección de las definiciones de flujo de datos, particularmente en los sistemas de control de proceso de hasta 500 IEDs que se comunican entre sí, no son fáciles de verificar, o incluso visualizar. En este contexto, los principios y procedimientos de la siguiente invención no se limitan a un uso en la automatización de subestaciones, sino que es igualmente aplicable a otros sistemas de control de procesos con una descripción de configuración estandarizada. En particular, se ha de señalar que IEC 61850 es también un estándar aceptado para centrales hidroeléctricas, sistemas de energía eólica, y Recursos de Energía Distribuidos (DER).

El artículo "Monitorización y control automático utilizando un nuevo paradigma de integración de datos", Actas de la 38ª Conferencia Internacional sobre Sistemas de Ciencia de Hawaii, 2005, de M. Kezunovic et al., revela el uso de datos de campo de la subestación para suplementar los datos de la Unidad Terminal Remota para el Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) en el control del sistema de energía.

Descripción de la invención

Por lo tanto, un objetivo de la invención es prevenir la interrupción de las comunicaciones en redes de comunicación de sistemas de Control de Procesos (PC) o automatización de subestaciones (SA) con una pluralidad de Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs). Este objetivo se logra mediante un procedimiento de análisis de una configuración de comunicación y una herramienta de ingeniería de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 7, respectivamente. Otras realizaciones preferidas son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes de la patente.

Según la invención, la comunicación en un sistema de PC o de SA es analizada mediante la evaluación, de manera particular, de todos los mensajes de la red, y/o fuente del mensaje correspondiente, configurada para la transmisión a través de una red de comunicación del sistema. A partir de una descripción de flujo de datos lógicos que forma parte de una representación de configuración estandarizada del sistema de PC o de SA y que incluye, en forma de bloques de control, información formal de cada mensaje, IEDs del receptor se recuperan o se determinan. Para cada IED del receptor recuperado, la totalidad de todos los mensajes de la red destinados o dirigidos directamente a este IED del receptor particular se evalúan o son procesados, por ejemplo, en vista a un análisis de la carga de la red posterior, la asignación de la red de área local virtual, o la representación gráfica del flujo de datos. Mensajes de ejemplo de la red de interés incluyen informes cíclicos de punto a punto, así como, en términos de la norma IEC 61850, mensajes de multidifusión en tiempo real periódicos o repetidos (Valores SV muestreados) y mensajes de multidifusión basados en eventos (Eventos de subestación orientados a objetos genéricos GOOSE).

En una variante preferida de la invención, la información formal acerca de los mensajes individuales, tal como el tamaño o la velocidad de envío se obtiene a partir de la representación de la configuración estandarizada, consolidada o agrupada por el IED receptor, y evaluada para determinar una situación de carga de la red en el IED receptor. Para informes basados en eventos, la información formal recuperada comprende preferiblemente una velocidad de cambio de datos general indicativa de un flujo de datos de estado normal, por ejemplo, 1 mensaje/s

para una fuente de mensajes de medición que informa de los cambios en la medición basados en eventos de una bahía, así como un tamaño de ráfaga indicativo de una carga pico del máximo o peor de los casos, por ejemplo, 5 mensajes dentro de 200 ms para la fuente de mensaje de medición anterior, más 5 mensajes por fuente de eventos con cambios de posición del conmutador, desplazamientos de protección o alarmas de supervisión. Por lo tanto, por cada IED receptor, la carga de red normal y excepcional se puede calcular de antemano sobre la base de una predicción de los mensajes recibidos en distintas circunstancias, y asumiendo implícitamente que filtros de salida del puerto de conmutación apropiado en el puerto de borde al que está conectado el IED receptor en realidad evita que los mensajes de multidifusión se reenvíen al IED receptor bajo consideración.

En otra variante preferida, la información formal recuperada comprende los identificadores de red de área local virtual (VLAN ID) de los mensajes destinados al IED receptor. Al conocer los IDs de la VLAN relevantes en el IED receptor, todos los mensajes de multidifusión que no se necesitan se pueden filtrar en el conmutador al que está conectado directamente el IED, y el IED receptor se libera de estos mensajes de multidifusión no solicitados. En este contexto, y tal como se indicó anteriormente, los diferentes mensajes de la red, incluso si proceden del mismo IED emisor, se pueden dirigir a diferentes IEDs receptores, lo que impide el uso de conceptos convencionales de VLAN para determinar la situación en los IEDs receptores individuales.

En otra realización preferida de la invención, se genera una representación en tres dimensiones (3D) del flujo de datos entre el IED, al mismo tiempo, maximizando la distancia entre dos representaciones IED, y minimizando la distancia entre las representaciones de cualquiera de los dos IEDs de comunicación. Esto proporciona una distribución equilibrada de las representaciones IED en un volumen determinado. En combinación con una rotación adecuada de la configuración y/o la variación resultantes de la posición de un observador, esta representación permite la detección rápida y sencilla, por parte de un ingeniero con conocimientos, de cualquier inconsistencia, incorrección y/o imperfección en la configuración de flujo de datos.

Preferiblemente, las distancias entre los IED se han optimizado mediante la asignación de fuerzas repulsivas y atractivas para cualquiera de dos IEDs y para cualquiera de los dos IEDs de comunicación, o para su conexión de flujo de datos, respectivamente. La información formal pertinente, como por ejemplo el tipo de mensaje y el tamaño pueden codificarse en la representación 3D mediante color, grosor de líneas o similares.

La presente invención se refiere también a un producto de programa informático que incluye código del programa informático para el control de uno o varios procesadores de una herramienta de ingeniería/análisis u otro dispositivo adaptado para ser conectado a una red de comunicación de un sistema de SA o PC y configurado para almacenar una representación de la configuración estándar del sistema de SA o PC, particularmente, un producto de programa informático que incluye un medio legible por ordenador que contiene en el mismo el código de programa de ordenador.

Breve descripción de los dibujos

El objeto de la invención será explicado con más detalle en el siguiente texto con referencia a ejemplos de realización preferidos que se ilustran en los dibujos adjuntos, en los cuales:

Fig. 1 es un gráfico en función del flujo de datos lógicos entre una pluralidad de IED,

Fig. 2 es un extracto de un archivo SCL con una descripción formal de la configuración de un terminal, y

Fig. 3 es una representación en 3D del flujo de datos lógico.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

De manera convencional, los cálculos de rendimiento de los sistemas de comunicación se realizan de forma manual con algunas suposiciones sobre escenarios de rendimiento y estructura de protocolo de los telegramas de comunicación. Esto es factible siempre y cuando el tráfico de comunicaciones, principalmente en forma de estrella a unos pocos dispositivos de nivel de estación, y la carga desde los dispositivos de nivel de bahía es aproximadamente el mismo para cada bahía y, por lo tanto, sólo puede ser multiplicada. Sin embargo, en el caso de las nuevas instalaciones de comunicación como eventos de subestación orientados a servicios de objetos genéricos (GOOSE) y valores muestreados (SV) tal como se define en la norma IEC 61850 se utilizan entre IEDs arbitrarios, y en particular en caso de que los mensajes de multidifusión no estén limitados por una configuración de red de área local virtual (VLAN) y crear así una carga no solicitada a los IEDs, que realmente no necesitan la información de multidifusión, la situación cambia.

La figura 1 es un gráfico de función que muestra la comunicación configurada o el flujo de datos lógicos entre los dispositivos electrónicos inteligentes (IEDs) de un sistema de automatización de subestaciones (SA) de ejemplo. Este tipo de representación no es muy práctica para los sistemas con hasta 500 IEDs de comunicación.

La descripción de configuración de la subestación (SCD) según la norma IEC 61850 comprende una sección de

comunicación con, además de los bloques de control para la información basada en eventos, los bloques de control de mensajes basados en tiempo real (GOOSE y SV) que se enviarán dentro de una sub-red lógica, es decir, un segmento de Ethernet físico en el que cada IED puede llegar a cualquier otro IED conectado sin enrutadores intermedios. Los bloques de control GOOSE y SV identifican a todos los remitentes de los mensajes relacionados con VLAN. Si aún no comprenden una asignación a una VLAN, un identificador de VLAN único e inequívoco se puede asignar al bloque de control cuando sea necesario, y en base a las clases de mensajes definidos por los usuarios. Al contrario de multidifusión GOOSE y SV, los eventos reportados se dirigen siempre a un IED receptor dedicado solamente.

La figura 2 comprende un fragmento de un archivo SCL, específicamente relacionado con el IED P2KA4 del sistema de comunicación SA presentado en la figura 1. Las partes del archivo SCL reproducido en la figura 2 definen las "posiciones" del conjunto de datos, el flujo de datos del IED específico como fuente de informes sin memoria intermedia (por ejemplo la "posición" a la puerta de enlace P2Y1 y el servidor OPC AA1KA1) y mensajes GOOSE (por ejemplo, "interbloqueo" de IEDs P2KA3, P2KA1, P2KA2), así como un identificador de VLAN ("PRIORIDAD VLAN" 4) y la frecuencia de envío (MinTime, MaxTime) como información formal de ejemplo de mensajes GOOSE de interbloqueo.

En términos más generales, la descripción del SCD especifica para cada bloque de control, es decir, para cada tipo de mensaje o clase de fuente/servicio de mensajes correspondiente, los IEDs receptores o de destino deseado, definiendo así el flujo de datos lógicos. A partir de esta información, mediante la transferencia del ID de VLAN del remitente a todos los receptores, la totalidad de los IDs de VLAN de todos los receptores también se define. Además, los bloques de control comprenden información formal sobre la velocidad de envío (velocidad de muestra de SV, maxtime y mintime GOOSE, período de integridad de los informes) y una referencia a un conjunto de datos, cuyo análisis lleva a número de valores de datos y tamaño de los mensajes enviados.

Mediante el uso de toda esta información y añadiendo para informes basados en eventos una velocidad de cambio de datos de estado normal, por ejemplo, un valor cambiado por segundo y bloque de control, lo que implica un mensaje de 1000 bits, y un tamaño de cambio de ráfaga, por ejemplo, 5 mensajes por evento relacionados con el bloque de control, la carga normal promedio, así como picos de carga que se pueden calcular para cada IED receptor. Las cargas calculadas tienen en cuenta las restricciones de enrutamiento causadas por la correcta aplicación de las VLAN en la red del conmutador de conexión, es decir, los resultados son válidos para un sistema de comunicación con redes VLAN configuradas correctamente. En comparación con las velocidades de procesamiento del IED correspondiente, esto indica que si los receptores están sobrecargados en el caso normal, y cuánto tiempo se necesita para manejar una ráfaga.

La siguiente tabla muestra el resultado de un cálculo de rendimiento para los IEDs y/o el sistema de comunicación SA presentado en la figura 1. En la tabla, por IED, una carga recibida en estado normal (velocidad de bits promedio, columna 2; velocidad de mensajes, columna 3), así como el número de mensajes de ráfaga sobre la base de las repeticiones GOOSE en el caso de eventos (columna 4) y un identificador de VLAN (columna 5). El IED P2FA1 llamado sólo envía mensajes y, por lo tanto, se tiene en cuenta en la tabla.

Nombre de IED	kbit/s	Mens/s	Mensajes por ráfaga	IDs VLAN
P2KA 1	2	2	6	222 111
P2KA4	7	3	9	111
P2KA2	1	1	3	111
P2KA3	1	1	3	111
AA1KA1	5	5	25	
P2Y1	5	5	25	

La figura 3 es una representación en tres dimensiones (3D) generada automáticamente del flujo de datos, que, debido a su algoritmo de construcción tal como se detalla a continuación, muestra los flujos simétricos de una forma simétrica. Con algo de experiencia en la interpretación de las estructuras representadas, las irregularidades en el flujo de datos de sistemas de comunicación incluso de gran tamaño pueden ser localizadas y su origen identificado (¿son intencionados o más bien son fallos de ingeniería, tales como una conexión de datos que falta?).

La generación de la representación 3D es la siguiente:

1. Los IEDs se colocan al azar en un cubo o cualquier otro volumen de forma arbitraria. Los IEDs tienen una fuerza de repulsión entre sí, lo que conduce a una dispersión de los IEDs en la superficie del cubo o el volumen.

2. Cada flujo de datos desde un IED de envío a un IED de recepción está representado mediante una línea o flecha de conexión y modelado mediante la adición de una fuerza de atracción entre los dos IEDs.

3. El uso de las fuerzas de atracción y repulsión conduce a una representación en 3D del sistema y el flujo de datos entre los IEDs dentro del cubo. Esta presentación en 3D se proyecta sobre un plano en 2D que se presentará en una pantalla y puede (manual o automáticamente) rotarse en el plano en 2D para investigar su forma y sus propiedades.

5 En particular, la representación en 3D muestra agrupaciones de IEDs estrechamente relacionados y, por lo tanto, ayuda en el diseño de las estructuras físicas de acuerdo a las necesidades funcionales sobre transferencia de mensajes, así como a la disponibilidad. La representación en 3D también se puede mejorar mediante el uso de
10 mayores fuerzas de atracción para una mayor carga de mensajes de una conexión de flujo de datos, y un color o grosor de línea diferentes dependiendo de los servicios utilizados y la carga resultante, así como destacando los IEDs sobrecargados, o que representan las cargas relativas, en caso de que las capacidades de procesamiento o los límites físicos de los IEDs receptores se conozcan. Finalmente, si un determinado tipo de flujo de datos o una aplicación determinada debe investigarse, se pueden utilizar diferentes criterios de filtrado, tal como ID de VLAN,
15 nombres de conjuntos de datos, IDs de aplicación y subredes para filtrar el flujo de datos utilizado para la representación en 3D.

La herramienta de ingeniería/análisis configurada para realizar el análisis anterior se puede extender para convertirse en una herramienta de prueba/supervisión mediante la inclusión de datos en línea. La combinación de la
20 representación en 3D con un estado de salud de los IEDs según se determina durante la operación, y/o con mensajes (no) recibidos, y que representan estos fallos (IED que fallan o conexión de flujo de datos interrumpida) por ejemplo en color rojo, que permite a un ingeniero con conocimientos comprender o anticipar fácilmente las consecuencias para el sistema de comunicación.

Si el análisis anterior se realiza a nivel funcional, es decir, dirigido a dispositivos lógicos, o incluso nodos lógicos,
25 según la norma IEC 61850 (en lugar de IEDs físicos), se puede derivar una agrupación óptima de funciones en IEDs físicos. A modo de ejemplo, la funcionalidad de control y de bloqueo puede combinarse ventajosamente, desde una perspectiva de carga de la comunicación, en un único IED dedicado, mientras que las funciones de protección se encuentran, o se alojan, en una serie de IEDs diferentes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de análisis una configuración de comunicación de un sistema de control de proceso PC, y en particular de un sistema de automatización de subestaciones SA, con una pluralidad de dispositivos electrónicos inteligentes IEDs conectados a una red de comunicación basada en conmutadores Ethernet, y con un IED emisor que envía mensajes diferentes que incluyen mensajes de multidifusión periódicos a diferentes IEDs receptores predeterminados y con mensajes de multidifusión periódicos que se envían mediante un conmutador de la red de comunicaciones, que comprende
- 5 - recuperar, para cada IED emisor de la pluralidad de IEDs y para cada mensaje configurado para ser transmitido mediante dicho IED emisor, a partir de una representación de la configuración del sistema de PC que comprende definiciones de flujos de datos lógicos, los IEDs receptores a los que se destina el mensaje; y
- 10 - evaluar, para cada IED receptor de la pluralidad de IEDs, todos los mensajes destinados para este IED receptor.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende
- recuperar, para cada IED emisor y para cada mensaje transmitido mediante dicho IED emisor, a partir de la representación de la configuración del sistema PC, información indicativa del tamaño del mensaje o de la velocidad de envío, en el que la etapa de evaluación comprende:
- 20 - consolidar, para cada IED receptor, la información recuperada de todos los mensajes destinados para este IED receptor,
- 25 - determinar, para cada IED receptor, una carga de comunicación basada en la información consolidada.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** comprende
- recuperar, por informes basados en eventos, una velocidad de cambio de datos generales y un tamaño de ráfaga.
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende
- recuperar, para cada IED emisor y para cada mensaje transmitido por dicho IED emisor, a partir de la representación de la configuración del sistema PC, un identificador de red de área local virtual VLAN ID, en el que la etapa de evaluación comprende:
- 35 - consolidar, para cada IED receptor, los IDs de VLAN de todos los mensajes destinados para este IED receptor, y
- asignar los IDs de VLAN consolidado a un puerto de borde de un conmutador de la red de comunicaciones al que este IED receptor está conectado.
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la etapa de evaluación comprende
- generar una representación 3D en tres dimensiones de la pluralidad de IEDs, con una distancia máxima entre cualesquiera dos IEDs y una distancia mínima entre cualesquiera dos mensajes de intercambio, y
- 45 - mostrar esta representación en 3D para inspección óptica de un usuario.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** comprende
- 50 - maximizar la distancia entre cualesquiera dos IEDs mediante la definición de una fuerza repulsiva, y la minimizar la distancia mediante la definición de una fuerza de atracción entre las representaciones de los IEDs, y
- recuperar, a partir de la representación de configuración, información indicativa del tipo de mensaje o tamaño y codificar este último en la representación en 3D.
- 55 7. Herramienta de ingeniería para sistemas de control de procesos PC, y en particular para sistemas de automatización de subestaciones SA, con una pluralidad de dispositivos electrónicos inteligentes IEDs conectados a una red de comunicación basada en conmutadores de Ethernet, y con un IED emisor que envía diferentes mensajes, incluyendo mensajes de multidifusión periódicos a diferentes IEDs receptores predeterminados y con mensajes de multidifusión periódicos enviados mediante un conmutador de la red de comunicación, y con mensajes de multidifusión periódicos enviados mediante un conmutador de la red de comunicación, adaptada a
- 60 - recuperar, para cada IED emisor de la pluralidad de IEDs y para cada mensaje configurado para ser transmitido mediante dicho IED emisor, a partir de una representación de la configuración del sistema de PC que comprende definiciones de flujo de datos lógicos, los IEDs receptores a los que se destina el mensaje, y
- 65

- evaluar, para cada IED receptor de la pluralidad de IEDs, todos los mensajes destinados para este IED receptor.

5 8. Herramienta según la reivindicación 7, **caracterizado porque** está adaptado para

- recuperar y consolidar, para cada IED receptor, información indicativa del tamaño del mensaje y la velocidad envío de todos los mensajes destinados para este IED receptor, y

10 - determinar, para cada IED receptor, una carga de comunicación basada en la información recuperada y consolidada.

9. Herramienta según la reivindicación 7, **caracterizado porque** está adaptada para

15 - recuperar y consolidar, para cada IED receptor, identificadores de red de área local virtual VLAN IDs de todos los mensajes destinados a este IED receptor, y

- asignar los IDs de VLAN consolidados a un puerto de borde de un conmutador de la red de comunicaciones al que está conectado el IED receptor.

20 10. Herramienta según la reivindicación 7, **caracterizado porque** está adaptada a

- generar una representación 3D en tres dimensiones de la pluralidad de IEDs, con una distancia máxima entre cualesquiera dos IEDs y una distancia mínima entre cualesquiera dos IEDs que intercambian mensajes, y porque comprende

25 - medios para la visualización de esta representación en 3D para inspección óptica de un usuario.

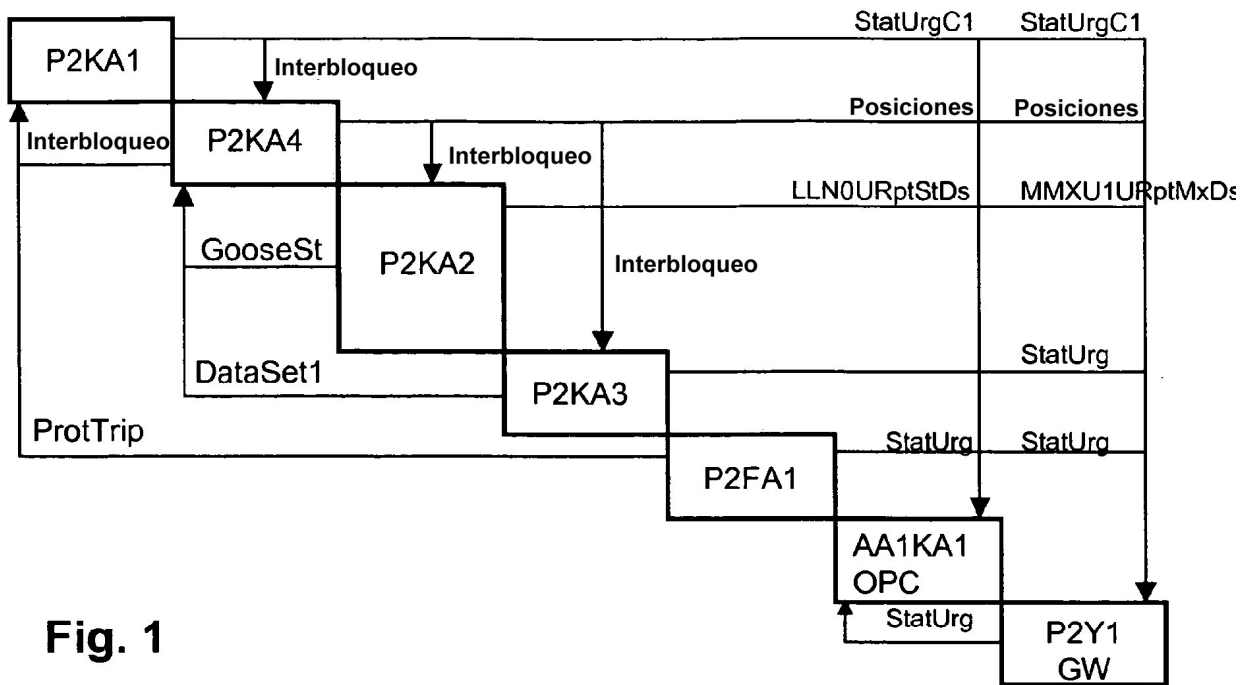


Fig. 1

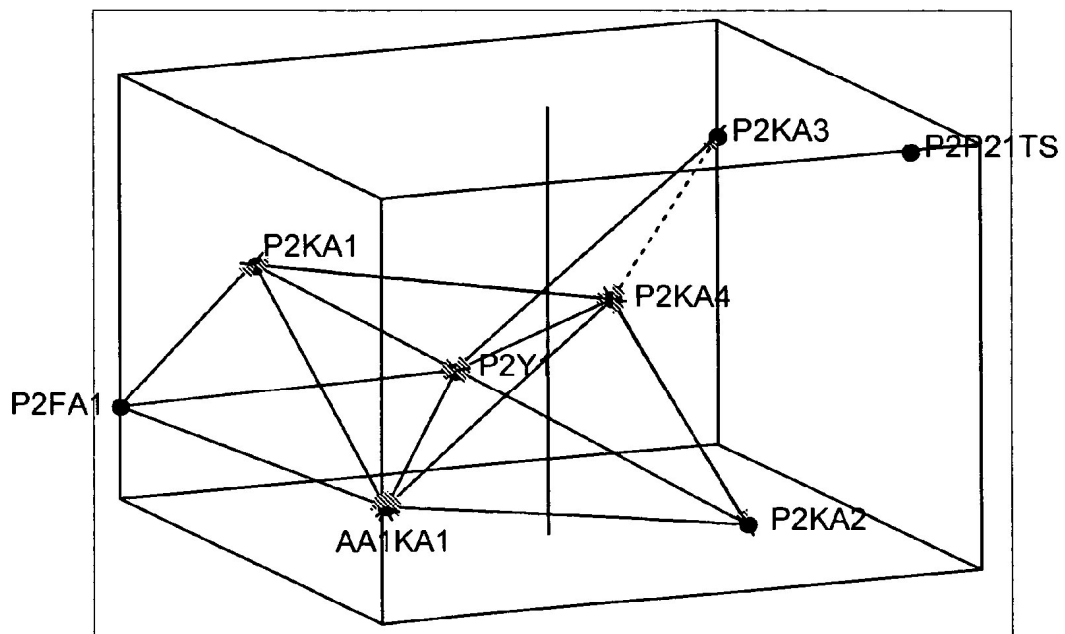


Fig. 3

Fig. 2

```

<DataSet name="Positions"          <!-- reported data in data set definition -->
  <FCDA IdInst="C1" prefix="" InClass="LLN0" doName="Mod" fc="ST" />
  <FCDA IdInst="C1" prefix="QA1" InClass="CSWI" InInst="1" doName="Pos" fc="ST" />
  <FCDA IdInst="C1" prefix="QB1" InClass="CSWI" InInst="2" doName="Pos" fc="ST" />
  <FCDA IdInst="C1" prefix="QB2" InClass="CSWI" InInst="3" doName="Pos" fc="ST" />
  <FCDA IdInst="C1" prefix="QC1" InClass="CSWI" InInst="4" doName="Pos" fc="ST" />
  <FCDA IdInst="C1" prefix="QC2" InClass="CSWI" InInst="5" doName="Pos" fc="ST" />
</DataSet>

<ReportControl name="rcb_A" rptID="Positions" dataSet="Positions" confRev="1">
  <TrgOps dchg="true" qchg="true" />
  <OptFields seqNum="true" dataSet="true" reasonCode="true" />
  <RptEnabled max="4">
    <!-- Report destinations: LNs on IEDs -->
    <ClientLN iedName="P2Y1" IdInst="LD0" InInst="1" InClass="ITCI" />
    <ClientLN iedName="AA1KA1" IdInst="None" InInst="1" InClass="ITCI" />
  </RptEnabled>
</ReportControl>

<GSEControl name="Interlock" dataSet="Interlock" confRev="2" applID="Interlock">
  <!-- GOOSE destinations: IEDs -->
  <IEDName>P2KA3</IEDName>
  <IEDName>P2KA1</IEDName>
  <IEDName>P2KA2</IEDName>
</GSEControl>

<ConnectedAP iedName="P2KA4" apName="S2">
  <GSE IdInst="C1" cbName="Interlock">
    <Address>
      <P type="MAC-Address">01-0C-CD-01-00-02</P>
      <P type="APPID">3002</P>
      <P type="VLAN-PRIORITY">4</P>
    </Address>
    <MinTime unit="s">4</MinTime>
    <MaxTime unit="s">10000</MaxTime>
  </GSE>

```