

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 128**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54 (2006.01)

H04L 12/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2013 PCT/IB2013/056117**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.01.2015 WO15011528**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2013 E 13760114 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 3025428**

54 Título: **Sistema de módulos inteligentes distribuidos que usa comunicación por línea eléctrica para automatización de aparatos eléctricos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.01.2019

73 Titular/es:
**ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE
LAUSANNE (EPFL) (100.0%)
EPFL-TTO EPFL Innovation Park J
1015 Lausanne, CH**

72 Inventor/es:
**FABRE, LAURENT;
LO CONTE, FABRIZIO;
BARRAS, THIERRY y
KAYAL, MAHER**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 697 128 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

Sistema de módulos inteligentes distribuidos que usa comunicación por línea eléctrica para automatización de aparatos eléctricos

Campo técnico

- 5 La invención es en el campo de la automatización de aparatos eléctricos. Más precisamente, la automatización se posibilita mediante una pluralidad de módulos conectados a la red de alimentación eléctrica y al aparato o aparatos eléctricos a ser sometidos a automatización.

Antecedentes de la invención

Es de conocimiento general el aplicar la automatización de las siguientes áreas de negocios:

- 10
- domótica,
 - industria,
 - sistemas de paneles solares, y
 - redes inteligentes.

15 Una necesidad esencial de los sistemas de domótica es la capacidad para proporcionar un sistema fiable instalable en cada casa nueva o modernizada con comunicación por línea eléctrica entre cada módulo.

Las necesidades de la industria se relacionan con el control de aparatos, consumo eléctrico de aparatos mediante la monitorización del uso de energía de los aparatos eléctricos y evitación de picos de potencia mediante repartir la carga a lo largo del tiempo.

20 Una necesidad esencial de los sistemas de paneles solares es la capacidad de proporcionar un sistema de comunicación fiable entre los inversores. Hoy, la tendencia de la industria es desarrollar microinversores, en el sentido de que cada panel solar contendrá su propio microinversor. El inversor de cada panel solar necesita comunicarse con los inversores de otros paneles solares.

25 Se conoce de la técnica anterior, por ejemplo de la compañía suiza DigitalStrom, el usar comunicación por línea eléctrica generando picos de tensión en el cuadro de interruptores y leyendo un pico de corriente generado por un módulo cercano a la carga. El sistema usado por DigitalStrom se describe en la publicación de patente internacional WO2011/094873 A1.

30 La compañía Insteon patentó un concepto de red de alimentación eléctrica y RF en el documento de patente de EE.UU. US7,345,998 B2. Insteon patentó el concepto de red de los denominados "módulos de enchufe Insteon" que se comunican sobre la línea eléctrica durante el período de paso por cero y usan señal de radio RF para acoplar la comunicación entre diferentes fases.

Otra tecnología de comunicación por línea eléctrica es la X10 que comunica sólo durante la fase de paso por cero. Se basa en mensajes generados por un emisor destinado a un receptor específico.

35 La publicación de patente de EE.UU. US 2003/0040813 A1 habla sobre control distribuido de un sistema domótico. En esta publicación de patente, cada dispositivo contiene un microcontrolador y un control de carga, y el uso principal del dispositivo descrito en la publicación de patente es para control de iluminación. La publicación de patente describe la capacidad para almacenar escenas en el microcontrolador y el ser capaz de reproducirlas con un simple mensaje de disparo. La publicación de patente falla en describir cualquier comunicación por línea eléctrica y no hay ninguna mención de que el sistema encaje detrás de enchufes existentes.

40 La publicación de patente de EE.UU. US 2002/169846 describe un método para seleccionar un cabeza de grupo de entre nodos. El método descrito se basa en un factor ponderado: cuantos más puntos obtiene el nodo, mayor es la oportunidad de ser seleccionado como cabeza.

45 La solicitud de patente europea EP 1978689 A1 describe un mecanismo basado en peso de señales para elegir un nodo cabeza. La aproximación se basa también en un mecanismo ponderado, como en una de las publicaciones de patente mencionadas previamente con la diferencia de que en esta aproximación se necesita menos ancho de banda pues señal de peso bajo no se propagan. En esta aproximación, sólo se elige un cabeza de grupo, no se presenta ninguna jerarquía y no se describe ningún mecanismo de votación. Otro ejemplo de la técnica anterior puede encontrarse en el documento de patente china CN101895115.

Resumen de la invención

En un primer aspecto, la invención proporciona un sistema que comprende una pluralidad de módulos electrónicos,

5 configurado cada uno de los módulos electrónicos para posibilitar la automatización de un aparato eléctrico a ser conectado al módulo electrónico. Cada módulo electrónico comprende, al menos una subparte de comunicación configurada para posibilitar la comunicación sobre una red de alimentación eléctrica con otros módulos, al menos unos medios de actuación configurados para actuar sobre una tensión eléctrica a ser aplicada al aparato eléctrico, al menos unos medios de medida configurados para medir un consumo de energía a ser consumido por el aparato eléctrico y unos medios de inteligencia embebida configurados para procesar señales que provienen de o van hacia la al menos una subparte de comunicación, los al menos unos medios de actuación y los al menos unos medios de medida. Cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos está capacitado para comunicación con los otros de la pluralidad de módulos electrónicos sobre la red de alimentación eléctrica por medio de su al menos una subparte de comunicación. En cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de inteligencia embebida comprenden, además, medios de envío de mensaje saliente configurados para enviar un mensaje saliente sobre la red de alimentación eléctrica hacia al menos uno de los otros de la pluralidad de módulos electrónicos, medios de recepción de mensajes entrantes configurados para recibir un mensaje entrante sobre la red de alimentación eléctrica desde al menos uno de los otros de la pluralidad de módulos electrónicos, medios de identificación configurados para identificar un mensaje entrante relevante para el módulo electrónico, medios de presentación configurados para preparar un mensaje de presentación a ser enviado como mensaje saliente, conteniendo el mensaje de presentación información de presentación relacionada con una identidad del módulo electrónico, medios de ordenamiento jerárquico configurados para generar una lista ordenada de la pluralidad de módulos que comprende el módulo electrónico y los otros de la pluralidad de módulos electrónicos, dependiendo de la información de presentación del módulo electrónico y la información de presentación recibida desde los otros de la pluralidad de módulos electrónicos, y medios de elección para elegir de la lista ordenada un módulo electrónico presidente. Los medios de presentación, los medios de ordenamiento jerárquico y los medios de elección están configurados de tal manera que los medios de elección de cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos encuentran el mismo módulo electrónico presidente. Los medios de inteligencia embebida están configurados, además, para manejar información incluida en un mensaje entrante enviado desde el módulo electrónico presidente de acuerdo con un protocolo de prioridad determinado.

En una primera realización preferida, los al menos unos medios de actuación comprenden uno de la lista que contiene medios de conmutación ON/OFF y medios de regulación de tensión.

30 En una segunda realización preferida, en cualquiera de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de inteligencia embebida están configurados, además, para leer una orden desde un mensaje entrante y para adaptar el procesamiento de señales de acuerdo con la orden.

35 En una tercera realización preferida, en cualquiera de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de inteligencia embebida comprenden, además, medios de reconocimiento configurados para preparar un mensaje saliente que contiene un acuse de recibo como resultado de recibir un mensaje entrante identificado por los medios de identificación como que es pertinente para el módulo electrónico.

40 En una cuarta realización preferida, en cualquiera de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de elección están configurados, además, para elegir de la lista ordenada al menos un módulo electrónico vicepresidente y los medios de inteligencia embebida están configurados, además, para manipular un mensaje entrante enviado desde el al menos un módulo electrónico vicepresidente al protocolo de prioridad determinado en caso de que el módulo electrónico presidente ya no sea funcional sobre la red de alimentación eléctrica.

45 En un segundo aspecto, la invención proporciona un método para organizar una jerarquía entre módulos electrónicos en un sistema que comprende una pluralidad de módulos electrónicos de acuerdo con el primer aspecto. El método comprende los pasos de, en un encendido del sistema, cada módulo electrónico busca la presencia de un señal0 en el sistema, si un primer módulo falla en encontrar un señal0 en el paso previo y el primer módulo cumple un valor de prioridad determinado, el primer módulo genera el señal0, con lo cual el señal0 confiere un papel de presidente al primer módulo, y una pluralidad de los módulos restantes genera cada uno un señal distinto que confiere un papel de vicepresidente.

50 En una quinta realización preferida, el módulo que tiene el papel de presidente confirma cualesquiera mensajes transmitidos a través de la línea eléctrica, cada módulo que tiene el papel de vicepresidente se configura a sí mismo para recibir mensajes emitidos por el presidente y para enviar mensajes al presidente.

En una sexta realización preferida, cada módulo que tiene el papel de vicepresidente verifica que el presidente está operativo.

En una séptima realización preferida, cada módulo que tiene el papel de vicepresidente ayuda al presidente en las tareas de gestión de la red.

55 En una octava realización preferida, cada módulo que tiene el papel de presidente o vicepresidente memoriza su papel en vistas de presentar éste a los otros módulos después de un suceso de fallo de alimentación.

En una novena realización preferida, cualquier módulo distinto del módulo que tiene el papel de presidente verifica si

está en enlace directo con el presidente y si el resultado es positivo adopta un papel de repetidor.

5 En una undécima realización preferida, cualquier módulo distinto del módulo que tiene el papel de repetidor y distinto del módulo que tiene el papel de presidente, verifica una cualidad de una señal de comunicación recibida del presidente, compara la calidad de la comunicación con una segunda calidad según es verificada por el repetidor, y si la calidad excede la segunda calidad, emite una solicitud de afiliación al repetidor.

En una duodécima realización preferida, el repetidor determina si el número de módulo que recibe su mensaje es más elevado que el estado actual, y en caso de un resultado positivo, solicita tomar el papel del presidente.

Breve descripción de las figuras

10 La invención se entenderá mejor a la vista de la descripción detallada de realizaciones preferidas y con referencia a los dibujos, en los cuales:

la figura 1 representa un ejemplo de módulo de acuerdo con la invención;

la figura 2 ilustra un concepto de comunicación distribuida entre electrónica a través de comunicación por línea eléctrica de acuerdo con la invención;

la figura 3 contiene un diagrama de bloques esquemático del módulo electrónico de acuerdo con la invención;

15 la figura 4 ilustra un ejemplo de un principio de comunicación de mensaje estándar; y

la figura 5 ilustra un ejemplo de un principio de comunicación de alto nivel.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

20 A diferencia de la solicitud de patente de EE.UU. US 2003/0040813 A1, en el presente sistema cada módulo está equipado con una inteligencia distribuida y local que es capaz de medir energía o medir cualquier clase de otros sensores conectados al módulo, y procesa esta información antes de compartirla con el resto de la red.

25 A diferencia de la solicitud de patente de EE.UU. US 2002/169846, la presente invención difiere en el sentido de que el otro nodo no puede influir la selección. El sistema inventivo se basa en un mecanismo de elección. En el arranque, un nodo pregunta si un Señal0 ya está presente y, si no, lo crea. Este mecanismo deja a los otros nodos la posibilidad de bloquear esta creación de señal. Además, la aproximación inventiva propone una estructura más jerárquica teniendo señal0 y subseñal. Esto es muy útil para acelerar una nueva elección cuando señal0 desaparece, por ejemplo.

30 La presente invención proporciona un sistema compuesto por múltiples módulos electrónicos que comunican juntos con los otros usando comunicación por línea eléctrica y posibilitando la automatización de aparato eléctrico. Cada módulo electrónico contiene diferentes subpartes que posibilitan la comunicación con los otros módulos, la capacidad para actuar sobre la tensión eléctrica (conmutación ON/OFF o regulación), para medir el consumo de energía y contiene una inteligencia embebida. Esto proporciona inteligencia embebida a cada módulo.

35 La figura 1 representa un ejemplo de módulo de acuerdo con la invención. El módulo puede, típicamente, comprender una placa de circuito impreso con componentes electrónicos montados en ella, con lo cual los componentes electrónicos y un software de control adaptado posibilitan prestaciones funcionales tales como medida de energía, temperatura, luminosidad, sonido y/o humedad. El procesamiento de señales proporcionadas a partir de medida o comunicación se ejecuta usando software embebida. Esta manera de realizar el procesamiento tiene la ventaja de reducir el consumo de energía del módulo a un mínimo. La figura 1 muestra esquemáticamente un elemento de prestación de actuación, el cual se usa para regular una tensión de salida. Éste puede usarse, por ejemplo, para ejecutar una función ON/OFF o una función de atenuación para un aparato eléctrico a ser controlado. 40 La figura 1 ilustra, además, la presencia de un elemento de comunicación, el cual se usa en este ejemplo para ejecutar la comunicación sobre una línea eléctrica, es decir, comunicación PLC por línea eléctrica.

45 La figura 2 ilustra un ejemplo de implementación para un concepto de comunicación distribuida entre módulos electrónicos a través de una comunicación por línea eléctrica de acuerdo con la invención. El sistema el que, en la figura 2, es denominado Sistema eSMART, comprende una pluralidad de módulos, estando representado cada uno por una caja que tiene tres capas funcionales: Captar, Actuar y Procesar. Las capas funcionales corresponden a funciones que pueden ser implementadas usando las prestaciones presentadas en relación con la figura 1.

La figura 3 contiene un diagrama de bloques esquemático de un ejemplo de módulo electrónico de acuerdo con la invención, en el que los elementos estructurales individuales se muestran en grupos funcionales delimitados en cajas de línea discontinua.

50 Un primer grupo funcional denominado *Fuente de alimentación* comprende un transformador para convertir, por ejemplo, 230 V de corriente alterna (ca) de una red de alimentación a valores de tensión apropiados.

Un segundo grupo funcional denominado *Procesamiento de señales* comprende un transformador de inyección con filtro emisor/receptor, que está conectado para entrada y salida a la red de alimentación y a un módem de comunicación.

5 El módem de comunicación es alimentado con los 12 V cc desde el primer regulador y proporciona salida de información hacia un minicontrolador central.

El microcontrolador central está alimentado con los 3,3 V cc desde el segundo regulador.

10 Un tercer grupo funcional denominado *Función de atenuador y relé* comprende una unidad de detección de paso por cero conectada, en su entrada, a la red de alimentación y, en su salida, al microcontrolador central. El tercer grupo funcional comprende, además, una unidad de controles de dispositivos conectada en su entrada a la red de alimentación y que también recibe señales del microcontrolador central.

Un cuarto grupo funcional denominado *Interfaz de usuario* comprende los siguientes elementos ilustrados aquí como ejemplos de elementos:

- sensores;
- botones;
- 15 • puertos I/O libres;
- potenciómetro;
- bluetooth, UART; y
- programación y direccionado.

20 La inteligencia embebida proporciona por lo tanto flexibilidad y la inutilidad de cualquier unidad o infraestructura central dedicada a gestionar la comunicación. Cada módulo es, por lo tanto, totalmente independiente y se comunica usando la red de alimentación eléctrica. Entonces, un concepto novedoso y distribuido de comunicación entre cada módulo basado en mensajes permite proporcionar un método de comunicación robusto y distribuido.

25 Este concepto novedoso de comunicación está inspirado por el comportamiento humano durante una reunión. Cada módulo que quiere comenzar la comunicación con los otros – módulo nuevo en la red – entra en la red presentándose. Entonces, se genera una jerarquía dinámica entre todos los módulos: un y sólo un presidente es elegido. Entonces son elegidos 4 vicepresidentes con el fin de gestionar la red si el módulo presidente falla o ya no sea capaz más de administrar el sistema. La comunicación y, por lo tanto, los mensajes intercambiados entre los módulos pueden ser separados en dos tipos diferentes: los denominados *mensajes de orden* y *mensajes de información*.

- 30 • un *mensaje de orden* es enviado desde un módulo directamente a través de otro módulo. El *mensaje de orden* contiene una orden que el otro módulo ejecutará;
- un *mensaje de información* es enviado desde un módulo hacia la red de módulos completa. El mensaje de información contiene información que es enviada hacia el resto de la red. Cada módulo en el resto de la red procesará esta información gracias a su inteligencia embebida – provista mediante un procesador y algoritmos – y entonces ejecutará una acción, una acción conocida como actuación.

35 De manera similar a lo que ocurre durante una reunión, un módulo comunicará información sólo si es nueva y útil para alguno más en la reunión. Esto es un elemento clave en la comunicación por línea eléctrica debido al bajo ancho de banda del canal.

40 Una de las principales prestaciones del mensaje de información es tal que cualquier módulo tiene acceso a la misma información y puede tomar la decisión por sí mismo usando la inteligencia embebida. Durante el proceso de decisión cada módulo puede compartir información con otros módulos en caso de un proceso de negociación. Esta arquitectura descentralizada, es decir, sin ninguna unidad central fija, trae funcionalidades significativas al sistema, como las listadas en lo que sigue:

- 45 • una escalabilidad elevada. Si se necesita añadir nuevas prestaciones o restricciones en el sistema, tiene que ser modificada la inteligencia embebida de un sólo módulo;
- una fiabilidad elevada. El sistema no se autobloquea si la inteligencia embebida de cualquier módulo falla. El resto de los módulos –módulos restantes – procesarán sus tareas;
- gracias a la inteligencia embebida, pueden ser ejecutadas por el sistema tareas de alto nivel. Restricciones globales pueden ser añadidas al sistema, por ejemplo, un presupuesto de energía puede ser imputado en

el sistema y los módulos serán capaces de forma autónoma de repartir la energía del sistema;

- una eficiencia energética elevada, pues no se necesita ninguna unidad central de proceso por el sistema.

5 Esta topología de comunicación particular es posible debido al módulo electrónico que ha sido desarrollado. Además, esta manera de gestionar la comunicación unida con la comunicación por línea eléctrica es particularmente adaptada porque la topología de la red eléctrica puede cambiar muy a menudo. Ciertamente, pueden generarse diferentes subredes cuando los aparatos eléctricos crean perturbación en la red. Una organización dinámica de la gestión de la comunicación es, por lo tanto, el elemento clave.

10 La figura 4 ilustra un ejemplo de un escenario de comunicación con mensaje estándar en un ejemplo de sistema de acuerdo con la invención, en el que los módulos electrónicos A, B, C, D y E están interconectados sobre la red de alimentación eléctrica (no mostrada en la figura 4). El escenario implica los pasos siguientes:

- el módulo electrónico A envía un mensaje. La figura 4 muestra, por medio de las flechas que salen del módulo A, que el mensaje puede ser visto por cualquiera de los módulos B, C, D y E;
- el módulo D acusa recibo del mensaje a todos los módulos B, C, E y A según se muestra mediante el punto que representa una función de reconocimiento y las flechas en líneas discontinuas que salen del módulo D. D, entonces, procesa los mensajes (no mostrado en la figura 4);
- los módulos B, C y E han recibido un mensaje – desde A – y un reconocimiento – desde D – y cada módulo B, C y E procesa éstos.

20 La figura 5 ilustra un ejemplo de un escenario de comunicación de alto nivel en el sistema de acuerdo con la invención, que comprende aún los módulos electrónicos A, B, C, D y E que están interconectados por la red de alimentación eléctrica. El escenario implica los pasos siguientes:

- el módulo electrónico D intenta un intercambio de una señal ACK 0 contra una señal ACK 1. El primero está representado en la figura 4 usando un disco dibujado al lado del módulo D mientras que el último está representado usando un círculo dibujado al lado del módulo E;
- el módulo electrónico E tiene el señal ACK 1 y confirma el intercambio;
- los restantes módulos A, B y C permanecen observadores del intercambio de señales entre los módulos D y E.

30 La presente invención es, más generalmente, un sistema novedoso que da la posibilidad de obtener información y gestionar aparatos sin ninguna centralización. La invención conduce, así, a un módulo electrónico pequeño con un procesador embebido que usa un comportamiento humanoide durante el intercambio de información.

Los párrafos siguientes proporcionan más detalles relacionados con la jerarquía usada entre los módulos.

Según se mencionó anteriormente, los módulos se organizan en una jerarquía autónoma y dinámica, compuesta por un presidente, también conocido como / denominado señal0, y muchos vicepresidentes, conocidos como señal1, señal2...

La jerarquía tiene el objetivo de gestionar la red de sensores con el fin de optimizar la comunicación en términos de:

- aumentar la tasa de mensajes recibidos;
- organizar los repetidores;
- estar seguro de que nadie está emitiendo demasiada información y está saturando la red

La jerarquía está compuesta por un presidente y muchos vicepresidentes, los cuales se comportan como árbitros en la red. Algunos módulos pueden, también, actuar como repetidor de mensajes con el fin de mejorar la comunicación.

40 El señal0 está a cargo de confirmar cada mensaje que va a través de la línea eléctrica. Cada módulo se ocupa de recibir regularmente mensajes desde el señal0 y de que son capaces de enviar mensajes a señal0.

Los módulos vicepresidentes están a cargo de verificar el correcto trabajo de señal0 y le ayudan en las tareas de gestión de la red.

45 La jerarquía es generada de la manera siguiente. Durante el primer encendido del sistema (instalación) los módulos buscan la presencia de un señal0. Si no hay ningún señal0 en la red, un módulo decide generar este señal0. Esta decisión se basa en valor de prioridad, el cual se calcula teniendo en cuenta el número de interfaces de alto nivel conectadas en el módulo (puente inalámbrico, acceso a internet, interfaces de usuario). El señal1 y siguientes se generan usando el mismo mecanismo.

El módulo memoriza su papel en caso de fallo de alimentación.

Un módulo decide de forma autónoma convertirse en un repetidor si no está en enlace directo con señal0 y detecta un módulo que trata de alcanzar señal0 sin éxito.

Un módulo puede pedir afiliarse a un repetidor si la señal de comunicación recibida es mejor que su enlace actual.

5 Un repetidor puede pedir tomar el señal0 si el número de módulos que reciben su mensaje es mayor que el estado actual.

Señal1, 2 y subsiguientes reemplazarán a señal0 y, así, serán añadidas al principio durante un intercambio de señal.

La presente invención encuentra un uso particular en los cuatro campos siguientes:

- aplicaciones en domótica,
- 10 • aplicaciones en la industria,
- aplicaciones en paneles solares, y
- aplicaciones en redes inteligentes.

15 En el campo de los sistemas domóticos, la presente invención proporciona un sistema fiable, a través del uso de inteligencia distribuida, el cual es instalable en cada casa nueva o modernizada con comunicación por línea eléctrica entre cada módulo. La presente invención proporciona el primer sistema domótico capaz de gestionar aparatos eléctricos que puede ser instalado en cualquier casa sin ninguna unidad central.

20 En el campo de aplicación en la industria, la presente invención proporciona que aparatos eléctricos puedan ser equipados con el módulo inventivo. Como se expuso anteriormente, las necesidades de la industria están relacionadas con controlar aparatos y consumo eléctrico de aparatos mediante la monitorización del uso de energía de los aparatos eléctricos y la evitación de picos de potencia mediante repartir la carga a lo largo del tiempo. Como el sistema inventivo es totalmente distribuido, cada módulo puede controlar por separado la carga conectada al módulo. La única información que debe ser enviada por la red es la potencia máxima permitida.

25 En el campo de los sistemas de paneles solares, la capacidad de proporcionar sistemas de comunicación fiable es proporcionada por el sistema inventivo por medio de inteligencia distribuida entre los inversores. Mientras que en la técnica anterior la tendencia de la industria es desarrollar microinversores, en el sentido de que un panel solar contendrá su propio microinversor, hay una clara necesidad para que estos microinversores se comuniquen entre ellos. La comunicación por línea eléctrica es la manera más económica porque evita cableado adicional o interfaces de radio. Por lo tanto, la presente invención proporciona el primer sistema de comunicación que puede ser integrado directamente sobre el (micro)inversor y es capaz de gestionar parámetros eléctricos del inversor y que puede ser
30 instalado en cualquier inversor sin la necesidad de unidad central alguna, cables dedicados o interfaces de radio.

35 Otra aplicación del sistema inventivo se encuentra en aplicaciones de redes inteligentes. Debido a la modificación del mecanismo de distribución de electricidad causado por la presencia de más y más energía renovable, la producción será más y más deslocalizada. Por lo tanto, la estabilidad de los sistemas de distribución de energía estará afectada y una aproximación de arriba a abajo de aparatos eléctricos es una de las soluciones más prometedoras con el fin de reducir las perturbaciones del sistema de energía eléctrica y reducción de costes de la electricidad gracias al sistema de gestión distribuida.

Por tanto, la invención proporciona un sistema compuesto por módulos electrónicos que, por ejemplo, contienen cada uno una inteligencia distribuida, la capacidad de monitorizar el consumo de energía, la capacidad de actuar sobre la alimentación de energía y que se comunican a través de comunicación por línea eléctrica.

40 Las ventajas de combinar el mencionado aspecto son el tener un sistema completamente funcional sin la necesidad de cableado específico ni unidad central. Esto conduce a un sistema muy fiable instalable en todos los edificios, sean nuevos o existentes.

45 La jerarquía dinámica generada por el sistema, gracias a su inteligencia embebida permite comunicar entre distancias largas usando la línea eléctrica. El canal de comunicación por la línea eléctrica está cambiando muy a menudo, sin esta jerarquía dinámica, la calidad de la comunicación no puede asegurarse.

El otro aspecto clave de tener inteligencia en cualquier módulo es que sólo se compartirá con otros módulos información útil. Esto ahorra un ancho de banda precioso, sobre un canal que ya tiene un ancho de banda muy bajo, por ejemplo, en el momento de presentar la presente solicitud de patente es de 4.800 baudios.

50 Esta inteligencia también se usa para ejecutar localmente algoritmos de regulación o decisión. Esto permite ser muy flexible en la aplicación y muy rápido en el proceso de toma de decisiones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende

una pluralidad de módulos electrónicos, cada uno de los módulos electrónicos configurado para posibilitar la automatización de un aparato eléctrico a ser conectado al módulo electrónico, y que comprende

5 al menos una subparte de comunicación configurada para posibilitar la comunicación sobre una red de alimentación eléctrica con otros módulos,

al menos unos medios de actuación configurados para actuar sobre una tensión eléctrica a ser aplicada al aparato eléctrico; y

10 unos medios de inteligencia embebida configurados para procesar señales que provienen de o van hacia la al menos una subparte de comunicación, los al menos unos medios de actuación,

medios de ordenamiento jerárquico configurados para generar una lista ordenada de la pluralidad de módulos que comprende el módulo electrónico y los otros de la pluralidad de módulos electrónicos, dependiendo de la información de presentación del módulo electrónico y la información de presentación recibida desde los otros de la pluralidad de módulos electrónicos

15 por lo cual cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos está capacitado para comunicación con los otros de la pluralidad de módulos electrónicos sobre la red de alimentación eléctrica por medio de su al menos una subparte de comunicación,

y el sistema está caracterizado por que

en cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos los medios de inteligencia embebida comprenden además,

20 medios de envío de mensaje saliente configurados para enviar un mensaje saliente sobre la red de alimentación eléctrica hacia al menos uno de los otros de la pluralidad de módulos electrónicos,

medios de recepción de mensajes entrantes configurados para recibir un mensaje entrante sobre la red de alimentación eléctrica desde al menos uno de los otros de la pluralidad de módulos electrónicos,

medios de identificación configurados para identificar un mensaje entrante pertinente para el módulo electrónico,

25 medios de presentación configurados para preparar un mensaje de presentación a ser enviado como mensaje saliente, conteniendo el mensaje de presentación información relacionada con una identidad del módulo electrónico, y

medios de elección para elegir de la lista ordenada un módulo electrónico presidente,

30 por lo cual los medios de presentación, los medios de ordenamiento jerárquico y los medios de elección están configurados de tal forma que los medios de elección de cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos encuentra el mismo módulo electrónico presidente.

35 2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende, además, al menos unos medios de medida configurados para medir un consumo de energía a ser consumido por el aparato eléctrico, por lo cual los medios de inteligencia embebida están configurados, además, para procesar señales que provienen de o que van hacia los al menos unos medios de medida.

3. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en el que los al menos unos medios de actuación comprenden uno de la lista que contiene unos medios de conmutación ON/OFF y unos medios de regulación de tensión.

40 4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que en cualquiera de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de inteligencia embebida están configurados, además, para leer una orden desde un mensaje entrante y para adaptar el procesamiento de señales de acuerdo con la orden

5. El sistema de la reivindicación 1, en el que en cualquiera de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de inteligencia embebida comprenden, además, medios de reconocimiento configurados para preparar un mensaje saliente que contiene un acuse de recibo como resultado de recibir un mensaje entrante identificado por los medios de identificación como que es pertinente para el módulo electrónico.

45 6. El sistema de la reivindicación 1, en el que en cualquiera de la pluralidad de módulos electrónicos, los medios de elección están configurados, además, para elegir de la lista ordenada al menos un módulo electrónico vicepresidente y los medios de inteligencia embebida están configurados, además, para manipular un mensaje entrante desde el al menos un módulo electrónico vicepresidente al protocolo de prioridad determinado en caso de que el módulo electrónico presidente ya no sea funcional sobre la red de alimentación eléctrica.

7. Un método para organizar una jerarquía entre módulos electrónicos en un sistema que comprende

proveer una pluralidad de módulos electrónicos, cada uno de los módulos electrónicos configurado para posibilitar la automatización de un aparato eléctrico a ser conectado al módulo electrónico, y que comprende

5 al menos una subparte de comunicación configurada para posibilitar la comunicación sobre una red de alimentación eléctrica con otros módulos,

al menos unos medios de actuación configurados para actuar sobre una tensión eléctrica a ser aplicada al aparato eléctrico; y

unos medios de inteligencia embebida configurados para procesar señales que provienen de o van hacia la al menos una subparte de comunicación, los al menos unos medios de actuación,

10 medios de ordenamiento jerárquico configurados para generar una lista ordenada de la pluralidad de módulos que comprende el módulo electrónico y los otros de la pluralidad de módulos electrónicos, dependiendo de la información de presentación del módulo electrónico y la información de presentación recibida desde los otros de la pluralidad de módulos electrónicos

15 por lo cual cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos está capacitado para comunicación con los otros de la pluralidad de módulos electrónicos sobre la red de alimentación eléctrica por medio de su al menos una subparte de comunicación

y que comprende, además,

proveer para los medios de inteligencia embebida en cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos

20 medios de envío de mensaje saliente configurados para enviar un mensaje saliente sobre la red de alimentación eléctrica hacia al menos uno de los otros de la pluralidad de módulos electrónicos,

medios de recepción de mensajes entrantes configurados para recibir un mensaje entrante sobre la red de alimentación eléctrica desde al menos uno de los otros de la pluralidad de módulos electrónicos,

medios de identificación configurados para identificar un mensaje entrante relevante para el módulo electrónico,

25 medios de presentación configurados para preparar un mensaje de presentación a ser enviado como mensaje saliente, conteniendo el mensaje de presentación información relacionada con una identidad del módulo electrónico, y

medios de elección para elegir de la lista ordenada un módulo electrónico presidente,

30 por lo cual los medios de presentación, los medios de ordenamiento jerárquico y los medios de elección están configurados de tal forma que los medios de elección de cada uno de la pluralidad de módulos electrónicos encuentra el mismo módulo electrónico presidente.

8. El método de la reivindicación 7, que comprende, además,

en el encendido del sistema, cada módulo electrónico busca la presencia de un señal0 en el sistema,

35 si un primer módulo falla en encontrar un señal0 en el paso previo y el primer módulo cumple un valor de prioridad determinado, el cual se calcula teniendo en cuenta el número de interfaces de alto nivel conectadas al primer módulo, el primer módulo genera el señal0, por lo cual el señal0 confiere un papel de presidente al primer módulo,

y una pluralidad de los módulos restantes genera cada uno un señal distinto que confiere un papel de vicepresidente.

40 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el módulo que tiene el papel de presidente confirma cualesquiera mensajes transmitidos a través de la línea eléctrica, cada módulo que tiene el papel de vicepresidente se configura a sí mismo para recibir mensajes emitidos por el presidente y para enviar mensajes al presidente.

10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, en el que cada módulo que tiene el papel de vicepresidente verifica que el presidente está operativo.

11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que cada módulo que tiene el papel de vicepresidente ayuda al presidente en las tareas de gestión de la red.

45 12. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que cada módulo que tiene el papel de presidente o vicepresidente memoriza su papel en vistas de presentar éste a los otros módulos después de un suceso de fallo de alimentación.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que cualquier módulo distinto del módulo que tiene el papel de presidente verifica si está en enlace directo con el presidente y, si el resultado es positivo, adopta un papel de repetidor.
- 5 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que cualquier módulo distinto del módulo que tiene el papel de presidente, verifica una calidad de una señal de comunicación recibida desde el presidente, compara la calidad de la comunicación con una segunda calidad según es verificada por el repetidor, y si la calidad excede la segunda calidad, emite una solicitud de afiliación al repetidor.
- 10 15. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el repetidor determina si el número de módulo que recibe su mensaje es más elevado que el estado actual, y en caso de un resultado positivo, solicita tomar el papel del presidente.

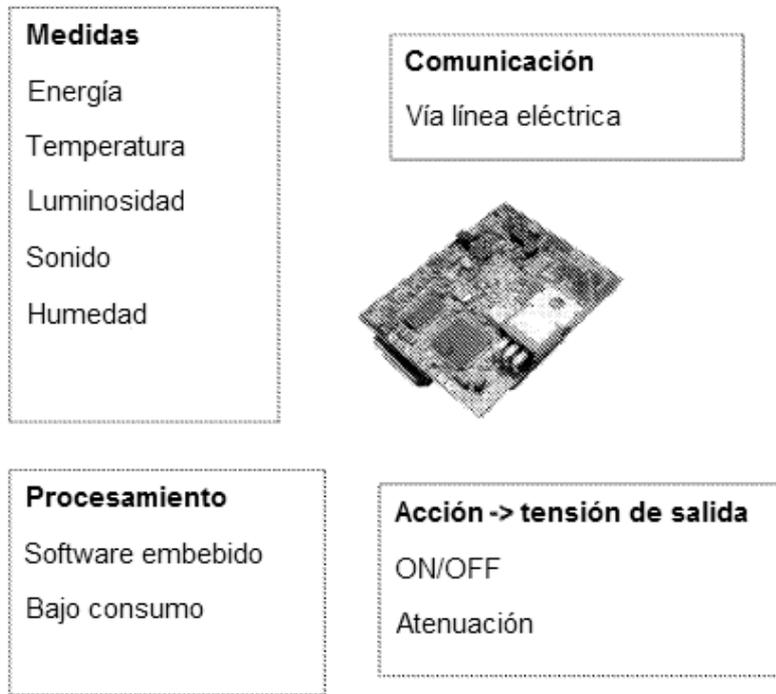


Fig. 1

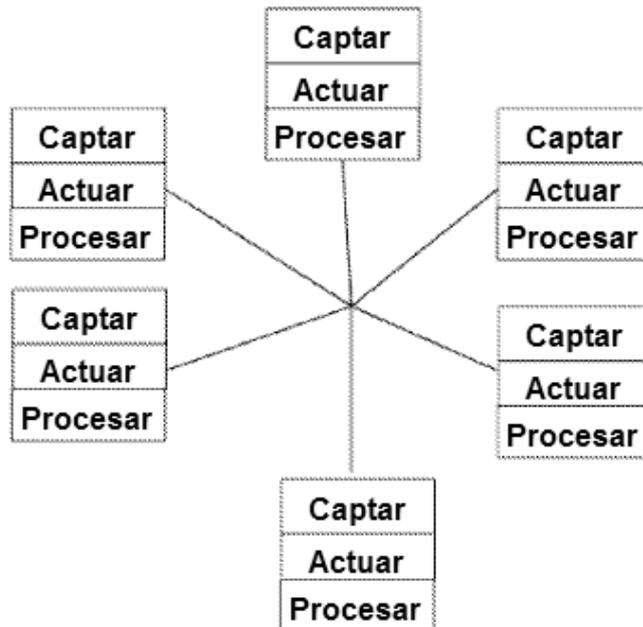


Fig. 2

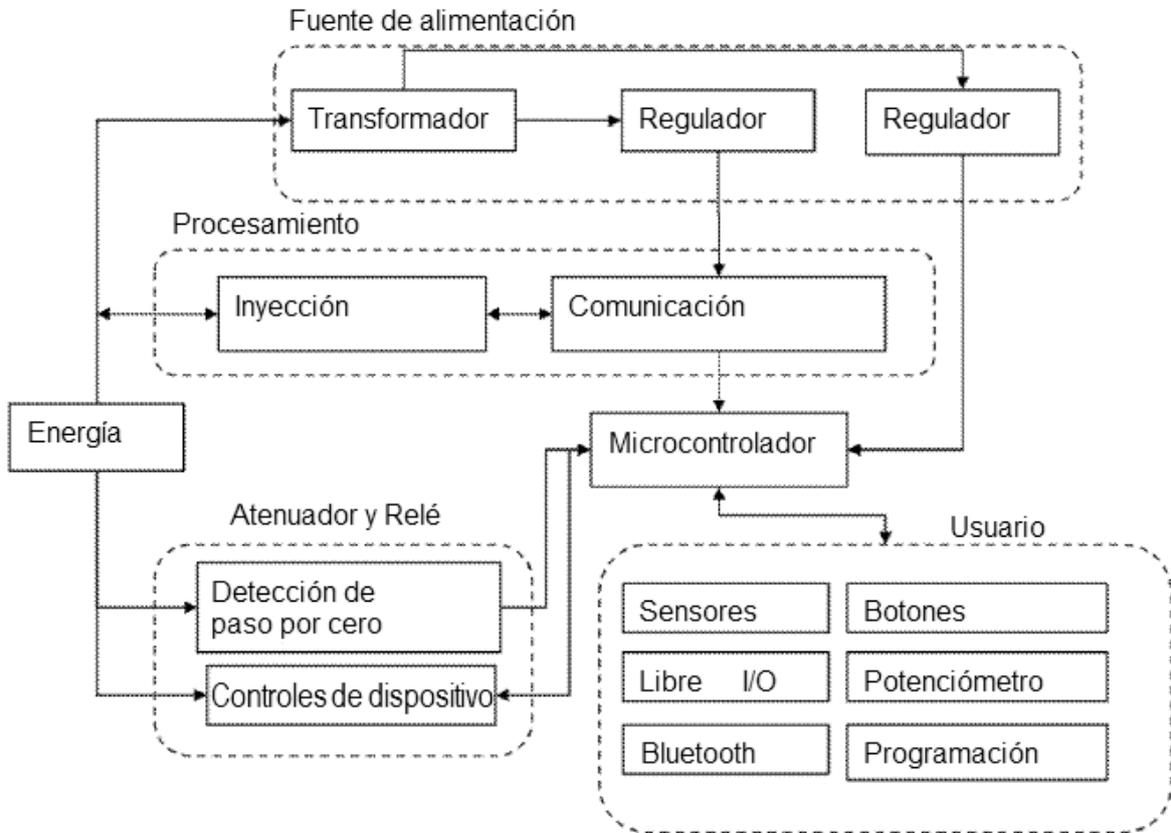


Fig. 3

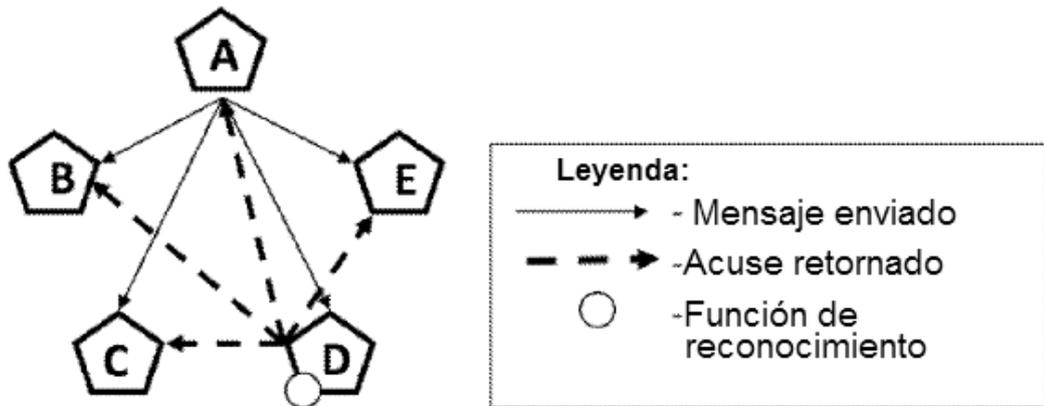


Fig. 4

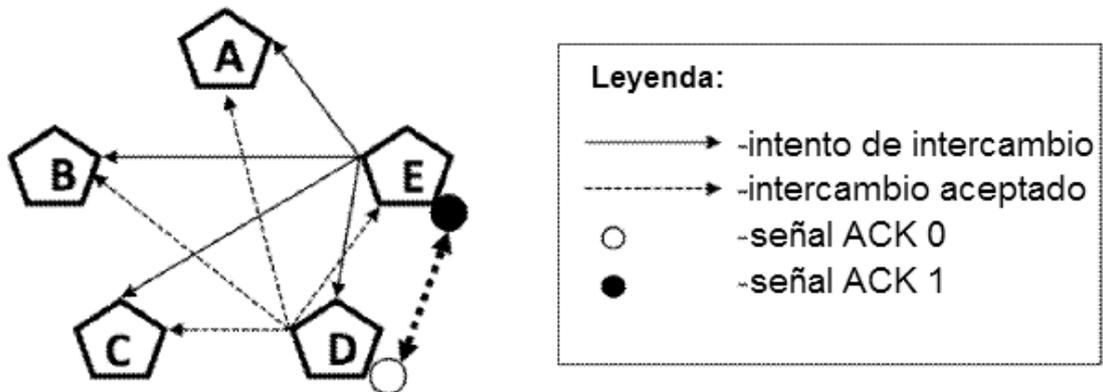


Fig. 5