



SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE LA ILUMINACIÓN QUE EMPLEA EL PROTOCOLO DALI

La presente invención se refiere a un equipo electrónico de gestión de sistemas inteligentes de iluminación, el cual consta básicamente de un software de administración de iluminación, una unidad de control central y una red de periféricos que se comunican bajo el protocolo de iluminación DALI. El equipo se integra en el sistema de iluminación como esclavo de una unidad de control principal tipo PLC, y también esta en capacidad de funcionar como maestro (de manera autónoma, sin presencia del PLC) en aplicaciones de bajo costo.

6
6

SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE LA ILUMINACIÓN QUE EMPLA EL PROTOCOLO DALI

5 Objetivo de la invención

El objeto de la presente patente se refiere a un equipo electrónico de gestión de sistemas inteligentes de iluminación empleando el protocolo DALI, que permite la comunicación inalámbrica en una red de dispositivos iguales a este. El equipo
10 comprende un software embebido para el manejo del protocolo inalámbrico y un protocolo dedicado a iluminación DALI. Adicionalmente el equipo está en capacidad de actuar como maestro en una red de módulos del mismo tipo, o como esclavo en una red DALI con una unidad de control tipo PLC. Así mismo el sistema permite la inclusión de dispositivos periféricos de control como sensores y
15 botoneras para control manual.

Campo de la invención

La presente invención tiene su aplicación dentro del campo de la industria eléctrica y más específicamente con la industria relacionada con el desarrollo, instalación y
20 mantenimiento de sistemas de iluminación inteligente, así como en el campo de la automatización en el hogar o domótica.

Antecedentes de la invención

La industria eléctrica dedicada al usuario final ha venido enfocando sus esfuerzos en el desarrollo de sistemas orientados a hacer más eficiente el uso de la energía eléctrica valiéndose de sistemas inteligentes y más recientemente del uso de aplicaciones móviles. Dentro de estos sistemas se encuentran los relacionados al
25 control de luminarias, ya que estas consumen un porcentaje considerable de la energía eléctrica en una edificación.
30

2

Un sistema de iluminación inteligente es capaz de proporcionar la cantidad de luz necesaria en un determinado espacio, por tal motivo se pueden utilizar en todo tipo de instalaciones eléctricas tales como: instalaciones residenciales, instalaciones industriales, escenarios, edificios públicos y demás. Un sistema de control de iluminación es un esquema de hardware y software que se combinan dentro de una red inteligente que combina un sistema de control central comunicado con diversos sistemas de entrada y salida denominados periféricos.

No es posible hablar de un estándar de los sistemas de control de iluminación, sin embargo, se ha evidenciado, que los sistemas existentes pueden ser clasificados de acuerdo a criterios diversos, uno de estos es la forma de conexión del sistema, la cual puede ser cableada o inalámbrica; a continuación se describen brevemente algunos de estos.

Sistemas de Control Cableado. Como su nombre lo indica, hace referencia a los sistemas en los que se lleva a cabo el envío de datos y el control, mediante redes cableadas desde las unidades de control, hasta los periféricos; aunque es muy utilizado cuenta con una enorme desventaja relacionada con los gastos y el trabajo involucrado en los procesos de instalación de este tipo de sistemas, pues en muchos casos se requiere del desarrollo de una obra civil para realizar las adecuaciones que involucra el tendido de líneas de control. En los sistemas cableados se deben garantizar las mejores condiciones de la señal en el conductor, disminuyendo el ruido, la interferencia y controlando la atenuación.

Las soluciones para sistemas de control cableado pueden ser de dos tipos [Lighting Controls Association LCA, © 2013, *Control Wiring: A Primer*, Craig Dilouie. Abril de 2013] Por cableado de línea de potencia (Clase 1): En este sistema, el transporte de datos se lleva a cabo por medio de la red de eléctrica; sin embargo, se debe tener en cuenta que el manejo de datos en estas tensiones de red puede ser peligroso, además de que para que esta implementación sea viable,

se requiere que la red eléctrica se encuentre en perfectas condiciones, por lo que puede no ser aplicable en edificaciones antiguas.

Por cableado de voltaje de baja potencia (Clase 2). Este tipo de sistemas funcionan con niveles de tensión entre 10 y 24 VDC, por tanto necesitan una infraestructura diferente a la red eléctrica. Algunos protocolos comerciales empleados en este tipo de conexiones son: BACnet, C-Bus, LON, Profibus y DALI.

Sistemas de Control Inalámbrico. En estos sistemas se transmiten las señales de control por medio de ondas electromagnéticas, esto hace que sean más versátiles que los cableados respecto a su instalación, siendo ideales para estructuras que no permiten perforaciones; este tipo de controles reduce los costos de mano obra y materiales en la instalación reflejados en el costo total del sistema. En sistemas donde interactúan múltiples dispositivos inalámbricos se requerirá la implementación de una red que permita que la señal de control se transmita a través de diferentes dispositivos, proporcionando múltiples vías para comunicar un dispositivo con otro. Los principales protocolos de comunicación inalámbrica empleados en control de iluminación son: ZigBee, Z-Wave, En Ocean y los protocolos propietarios de las diferentes marcas [*Lighting Controls Association LCA, © 2013, Wireless Lighting Controls Offer Flexibility And Cost Savings in Commercial Buildings, Craig Dilouie. Abril de 2013*].

Arquitectura de los sistemas de control de iluminación

Un sistema de control de iluminación cuenta con una capa denominada Servicio de Iluminación (Lighting Service), que corresponde al cableado general de suministro de energía y control del sistema a automatizar; este se considera la "espinas dorsal" del sistema. En el siguiente nivel se encuentra la Planta de Iluminación (Lighting Plant), definida como el lugar donde están alojados los dispositivos de control, así como algunos tipos de actuadores que trabajan a

distancia. La tercera capa del Sistema es la Zona de Iluminación (Lighting Zone), donde interactúan los dispositivos de Iluminación del sistema (tanto Sensores como Actuadores) y finalmente se muestran los diferentes Dispositivos de Iluminación (Lighting Device), los cuales se conocen como elementos terminales del sistema o periféricos [ECBCS, ANNEX 45 Guide book on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings. Abril de 2013].

La arquitectura de los sistemas de Control de Luminarias, se clasifica de acuerdo a la ubicación de los dispositivos de control en el sistema, existiendo cuatro tipos de interconexiones, cada uno de estas enfocada a diferentes tipos de edificaciones y zonas de iluminación [ECBCS]:

Control por Planta: Su arquitectura es Centralizada y permite un control ON/OFF de luminarias, generalmente se emplea para el control en grandes áreas, como supermercados y construcciones a nivel industrial.

Control por Zona: Control distribuido en el cual puede existir más de un dispositivo controlador y estos se pueden ubicar en un área específica, ya sea por piso o por cuadrante. Este sistema implementa tanto control On/Off como temporizado y es empleado en áreas medianas, tales como oficinas, colegios y hospitales.

Control por Dispositivos Cableados: El control en este tipo de sistema se realiza a partir de la adquisición de señales de los sensores ubicados de manera local, los cuales hacen directamente el control sobre los actuadores. Generalmente los dispositivos de control se ubican directamente en la zona de iluminación, siendo sistemas amigables con el usuario, por lo que están orientado a pequeñas áreas tales como unidades residenciales, pequeñas oficinas y hoteles.

Control por Dispositivos Embebidos: Sistema de control orientado a edificios inteligentes, dado que permite un control individual y/o sectorizado dependiendo

de la interconexión de los dispositivos inteligentes; estos son conocidos como embebidos, debido a que cuentan con una unidad de control independiente que otorga al sistema escalabilidad a través de sus módulos de comunicaciones.

5 Protocolo de comunicación en automatización de iluminación DALI

El protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface) es un estándar internacional conocido en Estados Unidos y Europa por las normas NEMA 243-2004 y la norma europea 60929. DALI es un protocolo no propietario, por lo que los desarrollos que emplean el estándar no pagan regalías, además, el hecho de constituir un estándar garantiza la interoperabilidad de dispositivos de diferentes fabricantes [DALI by Design-Rick Miller, ©2010, DALI Explained. Abril de 2013]. Este protocolo fue diseñado específicamente para el control de iluminación, por lo tanto sus características están enfocadas a la comunicación entre dispositivos de control de luminarias.

Las principales características técnicas del protocolo DALI son [IEC, International Estándar IEC 62386-102, © 2009 IEC]:

- Bus de comunicación serial asíncrono
- Bus conformado por dos hilos con voltaje diferencial
- Voltajes mayores a 9,5 voltios son tomados como nivel alto
- Voltaje menores a 6,5 voltios son tomados como nivel bajo
- Tasa de transferencia de datos de 1200 bits por segundo, codificación bi-fase
- Codificación de datos empleando Manchester
- Comunicación Bidireccional Half-Duplex
- Pueden conectarse hasta 64 dispositivos de diferente tipo en un bus DALI
- Las luminarias pueden agruparse en grupos, 16 en cada bus DALI
- Tiempos de atenuación de luminarias programables

- Especificaciones de comunicación del protocolo

En el protocolo DALI los dispositivos de control son los únicos que pueden hacer uso del bus en cualquier momento, los actuadores no podrán poner datos en el bus a menos que un dispositivo de control se lo solicite explícitamente mediante una trama Forward; la cual está compuesta de: un bit de inicio, un byte para la dirección del dispositivo de destino, uno o dos bytes de datos (dependiendo si se trata de un balastro o un dispositivo de control) y dos bits de finalización. Tras recibir una trama Forward el dispositivo responderá con una trama de respuesta denominada Backward, que consta de un bit de inicio, ocho bits de datos y dos de finalización. Debido a que las tramas son transportadas empleando el mismo bus DALI, el envío y recepción de estas debe estar sincronizado para que el sistema pueda distinguir entre una trama forward o una backward para ello se manejan los tiempos de uso del bus DALI.

Protocolo ZigBee

ZigBee es un estándar que define un conjunto de protocolos de comunicación de empleados en redes inalámbricas de baja rata de transmisión de datos y de corto alcance. Los dispositivos basados en ZigBee operan en las bandas de frecuencia de 868 Mhz, 915 Mhz y 2,4 GHz. ZigBee es un estándar internacional relacionado con IEEE 802.15.4,

Las redes ZigBee son muy comunes en un sinnúmero de aplicaciones tal como automatización en el hogar, para controlar redes de sensores, cámaras, dispositivos electro mecánico, sistemas de seguridad, sistemas Meter-Reading (contadores de servicios públicos) y sistemas de control de iluminación en edificaciones comerciales o residenciales

Documentos de Patente

En la literatura también se encuentran documentos de patente relacionados con dispositivos y métodos para el control inteligente de iluminación y actuadores. Algunos documentos se refieren a sistemas de modulación de luz, tal como el documento No.CA2722540 el cual se refiere a un sistema de control de iluminación en red, inalámbrica con inteligencia distribuida. Sistema de iluminación programadas en tiempo, sensores y manualmente, enfocado en varios entornos como habitaciones y oficinas que son monitoreados por sensores de luz y controlados por una red inalámbrica.

Los documentos EP2092798A1, CA2708984A1, EP2092798A4, US20080136334, WO2008070981A1, presentan un sistema y método para controlar la iluminación. Un sistema para controlar la generación de la luz de uno o más elementos emisores de luz en respuesta a una entrada externa, comprendiendo un sistema de un módulo de interfaz de control configurado para recibir la entrada externa y convertir misma de acuerdo con un protocolo de control interno predefinido; y un módulo de generación de luz comunicativamente vinculado a dicho módulo de interfaz de control y conectado operativamente a los uno o más elementos emisores de luz para controlar la misma de acuerdo con dicha entrada convertidos.

La solicitud internacional WO2008137875A1 se refiere a un protocolo de control de iluminación similar al protocolo DALI. Este protocolo de iluminación que adquiere una señal y la transforma en un buffer que es redireccionado para uso digital. Por su parte el documento WO2012085738A1 se refiere al control de red de sistemas de iluminación. En el método se seleccionan luminarias controlables y se almacenan los estados para luego reenviar el dato de encendido o apagado.

El documento español ES2308647 enseña un procedimiento para programar e instalar una red de iluminación. La red de iluminación es controlada a través de

una máquina de direccionamiento hacia una línea de comunicación DALI por medio de sensores de luz y un circuito de mando, conectados a interfaces que son transmitidas por órdenes a los paneles de control por medio de señales de radio. Así mismo el documento ES2345609 enseña un carril conductor con línea de datos. El carril permite el movimiento de la interfaz de iluminación con protocolo DALI, generando más flexibilidad en el sistema, El sistema presenta una unidad de control central que se encarga del control del sistema (sistema maestro-esclavo) que le permite comunicarse a través de líneas de datos con todos los sensores.

10 La patente CN203301792U se refiere a una interfaz de iluminación direccionable digital (DALI), protocolo basado en sistema de iluminación inteligente de LED. El sistema cuenta con un controlador de lámparas LED (sistema de iluminación LED inteligente) controlada por medio de una interfaz DALI.

15 El documento WO02082283A2 describe un puente de interfaz de iluminación direccionable digital. Acople de una interfaz DALI a una interfaz digital más simple y general. Se utiliza un procesador digital para convertir los protocolos, facilitando conexiones a varios controladores (computadores, celulares, tabletas y otros elementos que utilicen plataformas generales de comunicación digital).

20 El documento WO2014045175A1 se refiere a un método y un aparato para la asignación dinámica de direcciones. Un aparato para controlar la asignación de direcciones en una red de comunicación, en el que una dirección única se asigna a cada dispositivo de la red, dicho aparato está adaptado para enviar una solicitud de dirección que contiene una identificación única de dicho aparato a una dirección predefinida de dicha red, y en el que dicho aparato está adaptado para asumir el papel de un maestro de la asignación de direcciones en respuesta a la recepción de una respuesta no reconocer a dicha solicitud de dirección.

En relación a los sistemas de comunicación inalámbrica se encontró que el documento CN202998149Use refiere a un interfaz Zigbee-a-DALI (interfaz digital de alumbrado direccionable) dispositivo de puerta de enlace. Módulo de comunicación Zigbee que controla el protocolo DALI para la iluminación inteligente de un hogar. El módulo Zigbee comprende una transmisión y recepción inalámbrica por medio de una antena y un micro controlador que realiza la conversión y transferencia de los datos suministrados por el protocolo DALI.

En esta misma línea el documento WO2014154274A1 se refiere a controladores de luminarias de modo dual. Control dual para luminaria por protocolo DALI que comprende un módulo transceptor Zigbee.(este permite conectar y controlar varios medios luminosos como lámparas o bobillos, de dos formas al mismo tiempo utilizando el control por medio de una interfaz DALI y otra manual; el protocolo DALI es comunicado por medio de comunicación Zigbee).

El documento US8742686 esta relacionado con sistemas y métodos para el control y gestión de los periféricos de iluminación conectados en una red. Las instrucciones de usuario son ejecutadas para controlar los efectos de iluminación en una red de iluminación la cual comprende un módulo de interfaz en comunicación con uno o más módulos de control de iluminación. El módulo de interfaz puede recibir instrucciones para controlar una red de iluminación. La instrucción comprende una entrada identificado al usuario y la especificación de un efecto de iluminación el cual se produzca en respuesta a la entrada de usuario identificado. El módulo de interfaz detecta la recepción de la entrada identificada de usuario y ejecuta la instrucción para activar el efecto de iluminación especificado por el usuario a través de los uno o más módulos de control de iluminación.

El documento US8731689 se refiere a un sistema de control de iluminación programable que integra el control basado en sensores, el tiempo, y el control

manual de la iluminación. El sistema incluye uno o más grupos de áreas de iluminación controlados, que pueden ser por ejemplo, plantas de un edificio. Cada grupo puede tener uno o más zonas de iluminación tal como habitaciones individuales u oficinas. Cada zona de iluminación incluye sensores de presencia y sensores de luz de día que se pueden acoplar de forma inalámbrica a una puerta de enlace. Cada puerta de enlace está acoplada a una red, tal como una red de área local (LAN). Un software de control, que reside en un ordenador es accesible a través de la red, se comunica de forma remota y controla las zonas de iluminación, ya sea individualmente o globalmente. Cada zona de iluminación también se puede controlar localmente en la puerta de enlace y puede funcionar independientemente del software de control y la puerta de enlace.

La solicitud de patente US20100176733 se refiere a sistema de control automático para sistemas de iluminación automatizados. La invención presenta una configuración mejorada para un balasto regulable, igualmente enseña un circuito regulador mejorado y la combinación de ambas tecnologías. El sistema de control es adecuado para diversas aplicaciones, incluyendo sistemas de captación de luz y sistemas de iluminación de seguridad.

El documento WO2002082283 se refiere a un puente de conexión entre un puerto estándar (I/O) de una computadora, y una interfaz Interface DALI. El puente DALI traduce los niveles de señal y el protocolo del puerto estándar I/O de la computadora, a los niveles de señal y protocolo DALI, y viceversa. Un procesador digital se utiliza para traducción de protocolo y almacenamiento de mensajes. La adecuación de los niveles de tensión, se utiliza para conectar adecuadamente a un puerto de la computadora a los niveles de tensión del bus DALI de dos hilos. El uso de una computadora estándar y el control de dispositivos compatibles con DALI, se ve facilitada por el puente DALI.

Como se puede ver, la implementación de protocolos de comunicación propietarios y en la necesidad de incluir dispositivos "Gateway" para llevar a cabo

la comunicación entre diferentes protocolos, agrega costos a los sistemas. Por tal motivo fue necesario encontrar una alternativa funcional tal como es el protocolo DALI, ya que se pueden aprovechar las ventajas de que es de uso libre y con una gran cantidad de documentación disponible.

5

Descripción de la invención

La presente invención consta una unidad de control de hardware tipo PLC, una red de periféricos inteligentes de iluminación, una aplicación Web y un módulo de control inalámbrico, en adelante denominado "Puente DALI", que se integrará al sistema como esclavo de la unidad de control principal tipo PLC y permitirá dar mayor alcance a la red, disminuyendo los costos de instalación. El módulo también esta en capacidad de funcionar como maestro (de manera autónoma, sin presencia del PLC) en aplicaciones de bajo costo.

15

El Puente DALI consta de un Software de administración de Iluminación, una unidad de control central y una red de periféricos que se comunican bajo el estándar IEC 62386 (Norma DALI). Asimismo, el sistema incluye una unidad de control tipo PLC, la cual es muy versátil y robusta, pero costosa; esto puede hacer difícil la implementación de este tipo de sistemas en hogares promedio o áreas pequeñas, donde el costo del sistema no se cubre con el ahorro energético proporcionada, además que en muchos casos el sistema queda sobredimensionado, para la mayoría de aplicaciones residenciales o de pequeñas áreas.

25

Por lo tanto, el dispositivo "Puente DALI" ha sido desarrollado teniendo en cuenta dos necesidades importantes: 1) Reducir costos y molestias asociadas a la instalación del sistema y 2) generar un sistema de bajo costo, accesible a hogares promedio. Con el fin cumplir con tales requerimientos, el sistema cuenta con elementos de comunicación inalámbrica, que le permiten extender los comandos

30

17
17

de control, hacia periféricos conectados físicamente a otro Puente DALI, sin la necesidad de realizar extensos tendidos de cableado, y adicionalmente, el módulo cuenta con un algoritmo, lo suficientemente robusto, como para administrar por sí mismo una red de periféricos DALI, sin la necesidad de recibir órdenes de un PLC.

5 El equipo tiene la posibilidad de comportarse de dos maneras diferentes, de acuerdo al tipo de sistema al que pertenezca:

- Se encuentra en la capacidad de hacer parte de un sistema inteligente de iluminación, gobernado por un PLC y un software de gestión de iluminación (LMS), funcionando básicamente como un "cable virtual", por medio del cual
10 llegan las instrucciones del PLC hacia periféricos que no se encuentran conectados físicamente a él. En esta red, es necesario que cada uno de los Puentes DALI involucrados asuma un rol, de acuerdo a los elementos que tiene conectados físicamente a su bus DALI, de manera que el que está conectado al
15 PLC, debe comportarse como esclavo de esta unidad de control; mientras que los otros deben comportarse como maestros para la red de periféricos asociados. De manera que se identifican dos modos de operación: Maestro y Esclavo.
- Este dispositivo también cuenta con la capacidad de funcionar por sí mismo, de
20 manera autónoma, generando su propio sistema inteligente de iluminación, en esta configuración todos los puentes de la red son maestros, respecto a la red de periféricos DALI que gobiernan.

25 Aunque el sistema está en capacidad de funcionar de manera autónoma, procesando la información proveniente de sensores y botoneras, esta configuración también permite al usuario generar acciones de control sobre el sistema, por medio de una aplicación móvil, que envía al puente diferentes comandos de accionamiento.

30

Como ya se mencionó, los puentes DALI, pueden comportarse como maestro o esclavo, de acuerdo al tipo de periféricos conectados físicamente a su bus DALI; asimismo, están en la capacidad de ejecutar acciones específicas para determinar su comportamiento en la red inalámbrica ZigBee, tal como coordinador o enrutador; esto se hace, con el fin de determinar, cuál dispositivo se encargará de establecer la red identificar los dispositivos vinculados y administrar las comunicaciones, evitando colisiones y el deterioro de los datos transmitidos.

Cabe mencionar que no todos los puentes DALI tienen la capacidad de comunicarse con un dispositivo móvil, pues esta comunicación se lleva a cabo por medio de un módulo Bluetooth extraíble, el cual se puede conectar en cualquiera de los puentes de una red. El puente DALI que tenga conectado este módulo, se convertirá automáticamente en el coordinador de esa red.

A continuación se presenta una descripción general del sistema y de sus principales prestaciones y aplicaciones, además de mencionar algunos de los criterios de diseño.

Sistema de Alimentación

Involucra los componentes relacionados con las tensiones permitidas para el suministro de energía de este equipo, consumo de potencia, disipación de calor y protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes:

- El sistema permite la conexión de tensiones normalizadas VAC, con el propósito de garantizar su correcto funcionamiento, en cualquier tipo de edificación.
- El sistema de alimentación del Puente DALI, incluye mecanismos de disipación sin ventilador, lo que le permite trabajar en ambientes con temperaturas entre 0°C y 45°C.

- El Puente DALI cuenta con diversos niveles de tensión: para adaptar la entrada del sistema, 18 Voltios requeridos por el estándar DALI para la generación de tramas, y el nivel de voltaje para alimentar los sistemas digitales.
- 5 • El hardware diseñado para el Bus DALI, cuenta con un módulo de protección contra sobre corrientes, debido a que, dada la naturaleza del protocolo, la comunicación se lleva a cabo, poniendo el Bus en "corto", repetidas veces.

Comunicaciones

- 10 El puente DALI cuenta con módulos especializados, para establecer la comunicación con diversos periféricos, de acuerdo con su rol en la red: sea como maestro en una red para áreas pequeñas; o como esclavo en una red controlada por un dispositivo PLC. En ambos casos el dispositivo cuenta con módulos de comunicación inalámbrica ZigBee y un Bus DALI para la comunicación con los
- 15 periféricos de campo; con la salvedad de que en modo maestro, el dispositivo contará además, con un módulo de comunicación Bluetooth por medio del cual se intercambia la información con un dispositivo móvil, este módulo es removible, y todos los puentes cuentan con el puerto para conectarlo.
- 20 • El equipo se comunica con los periféricos de campo y con el dispositivo de control tipo PLC a través del bus DALI, de acuerdo con el estándar IEC 62386, adelante denominado estándar DALI.
- La comunicación del módulo con otros puentes del mismo tipo, se lleva a cabo por medio de un módulo de comunicación inalámbrica ZigBee, el cual cuenta
- 25 con un alcance de 1200 metros en línea de vista.
- En el modo maestro el sistema emplea un módulo de comunicación Bluetooth el cual permite al usuario controlar el sistema desde un dispositivo móvil. Como se trata de un módulo removible, cualquier puente DALI de la red puede convertirse en maestro.

- Se ha desarrollado un protocolo de comunicación propietario, tanto para la comunicación con el dispositivo móvil, como con otros puentes DALI, en una misma red.

5 Entradas

Hace referencia a todos los medio por los cuales el puente DALI obtiene información del exterior, con el fin transmitir un evento hacia el Control Central (PLC o dispositivo móvil) y dar cualquier tipo de respuesta de acuerdo con el comportamiento de los periféricos o las solicitudes recibidas:

- Una red de Puentes DALI, puede soportar la conexión de hasta 128 periféricos DALI (64 Actuadores y 64 Controladores), conforme lo establece el estándar DALI, los cuales envían y reciben información del puente.

- Cada puente DALI cuenta con un interruptor, por medio del cual, el usuario puede determinar si se trata de un módulo esclavo de un PLC o maestro de su propia red.

- Cada puente DALI cuenta con un interruptor, por medio del cual, el usuario determina el coordinador de la red ZigBee.

- El bus DALI cuenta con un sensor de corriente, que permite determinar si ha ocurrido un error, a causa de un corto demasiado prolongado.

- El bus DALI cuenta con una entrada tipo USB, para conectar el módulo de comunicación Bluetooth, que le permitirá comunicarse con un dispositivo móvil.

- Borneras para la conexión de los cables dedicados para el Bus DALI

Salidas

Se refiere a la manera por la cual el Puente DALI envía información al PLC, al dispositivo móvil, a los periféricos o a otros Puentes de su red.

21

- El Puente DALI está en capacidad de intercambiar información con otros puentes vía ZigBee.
- El Puente DALI está en capacidad de intercambiar información con elementos conectados al Bus DALI, a través de este estándar.
- 5 • El Puente DALI está en capacidad de intercambiar información con un dispositivo móvil vía Bluetooth.
- El Puente DALI, cuenta con indicadores LED de eventos tales como error, estado de la comunicación DALI, estado de la comunicación ZigBee y encendido / apagado entre otros.

10

Procesamiento

Hace referencia al software embebido en el dispositivo y a los elementos por medio de los cuales se logra el control y la comunicación del equipo con los periféricos.

15

- El puente DALI cuenta con una memoria SPI que le permite almacenar las direcciones, asignaciones y configuraciones, de los periféricos asociados, con el fin de preservar esta información en caso de falla de energía.
- 20 • El puente DALI que se conecta como esclavo de un PLC, se encuentra en capacidad de simular las respuestas requeridas por el control, para garantizar la integridad de las comunicaciones, dados los reducidos tiempos, establecidos por el estándar.
- El Puente cuenta con un pulsador de "reset" externo que permitirá reiniciar el sistema en caso de bloqueo o falla.
- 25 • El puente DALI está en la capacidad de generar por sí mismo un bus DALI, ejecutando y transmitiendo todos los comandos establecidos en el estándar DALI.

30

Sistema de procesamiento

El microcontrolador empleado es fácilmente programable y cuenta con los pines suficientes para soportar todas las entradas y salidas requeridas. Adicionalmente permite controlar otros sistemas además de la iluminación, como persianas y calefacción, entre otros; lo cual es fácil de lograr, por medio de la implementación de un sistema operativo para sistemas embebidos. Así mismo, el firmware desarrollado es completamente modular, escalable y permite realizar modificaciones de ser necesario. El Puente DALI cuenta con un puerto de reprogramación del firmware del microcontrolador, lo cual permite actualizar el firmware cuando sea necesario; ese puerto de reprogramación es JTAG.

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se adjunta a la presente memoria descriptiva una serie de figuras ilustrativas donde se podrá comprender más fácilmente las innovaciones y ventajas de la planta para el tratamiento de agua desarrollada.

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos relevantes y las ventajas de la presente invención serán mejor entendidos con relación a las siguientes figuras, en las cuales:

FIG. 1 Esquema general del sistema desarrollado donde el puente DALI esta en configuración como esclavo.

FIG. 2 Esquema del sistema desarrollado donde el puente DALI se encuentra como maestro de su propio sistema inteligente de Iluminación

FIG. 3 Diagrama de bloques del hardware que conforma el puente DALI desarrollado.

FIG. 4 Diagrama de los componentes de software y hardware del puente.

FIG. 5 a) Formato de trama de petición. b) Formato de trama de respuesta

23
23

FIG. 6 Topología Coordinador/Enrutador para las comunicaciones inalámbricas.

FIG. 7 Diagrama de bloques general del hardware y software desarrollado.

FIG. 8 Diagrama de flujo del administrador de tramas recibidas.

FIG. 9 Diagrama de flujo del administrador de envío de tramas.

5 FIG. 10 Diseño bloque de administración de tablas.

FIG. 11 Diagrama de flujo del proceso de consulta de tablas.

Descripción Detallada de las Modalidades Preferidas.

10 El puente DALI es un dispositivo orientado al control de la iluminación dentro de un sistema de iluminación inteligente. Este sistema consta básicamente de un procedimiento para la administración de Iluminación, una unidad de control central y una red de periféricos que se comunican de manera estándar dentro de la red DALI; tal como se observa en la Figura 1. El sistema de iluminación (1) se
15 encuentra en la capacidad de hacer parte de un sistema inteligente de iluminación, gobernado por un PLC (5) y un sistema de gestión de iluminación (LMS) (3) comunicado con el PLC por medio de un protocolo de comunicaciones Ethernet (4). El sistema actúa como un "cable virtual", por medio del cual llegan las instrucciones programadas por el usuario (2) en el PLC (5) hacia periféricos que
20 no se encuentran conectados físicamente a él.

En este esquema de conexiones, cada puente DALI (7) de la red debe asumir un rol ya sea como maestro o como esclavo, de acuerdo a los elementos que tiene conectados físicamente a su bus DALI (6), de manera que el que está conectado
25 al PLC (5), debe comportarse como esclavo de esta unidad de control; mientras que los otros deben comportarse como maestros para la red de periféricos (8) asociados.

Los perifericos asociados al sistema comprenden entre otros: luminarias,
30 sensores, servomotores y principalmente botoneras. En este último caso el

dispositivo implementa un protocolo que es capaz de incorporar al sistema inteligente cualquier tipo de botonera o interruptor sin importar si es un dispositivo de automatización o no, sin la necesidad de realizar cambios estructurales toda vez que el controlador de las botoneras desarrollado puede incorporarse en el interior de las cajas electricas de cualquier interruptor estandar.

El sistema (1) cuenta con elementos de comunicación inalámbrica, que le permiten extender los comandos de control, hacia periféricos conectados físicamente a otro Puente DALI (7'), sin la necesidad de realizar extensos tendidos de cableado. Los puentes DALI (7, 7'), pueden comportarse como maestro o esclavo, de acuerdo al tipo de periféricos conectados físicamente a su bus DALI (6). Asimismo, están en la capacidad de ejecutar acciones específicas para determinar su comportamiento en la red inalámbrica ZigBee(9), como coordinador o enrutador, con el fin de determinar cuál dispositivo se encargará de establecer la red, identificar los dispositivos vinculados y administrar las comunicaciones, evitando colisiones y el deterioro de los datos transmitidos.

En esta configuración el puente DALI (7) funciona como un elemento esclavo en una red de iluminación controlada por un PLC, donde principalmente, cumple las funciones de transmisión de comandos de un punto a otro de manera inalámbrica. Adicionalmente, el Puente DALI, cuenta con las características necesarias para ser el elemento de control de la red de iluminación, administrando los periféricos y transmitiendo las órdenes provenientes del usuario a través de una aplicación móvil (11).

Aunque el sistema está en capacidad de funcionar de manera autónoma, procesando la información proveniente de sensores y botoneras (8), esta configuración también permite al usuario generar acciones de control sobre el sistema, por medio de una aplicación móvil (11), que envía al puente diferentes comandos de accionamiento usando un protocolo inalámbrico (12) tal como una

25
25

conexión Bluetooth. Sin embargo, no todos los puentes DALI (7, 7') tienen la capacidad de comunicarse con un dispositivo móvil, pues esta comunicación se lleva a cabo por medio de un módulo Bluetooth extraíble, el cual se puede conectar en cualquiera de los puentes de una red. Cabe resaltar que es recomendable que solo exista un módulo Bluetooth para cada sistema ya que el puente que tenga conectado este módulo, se convertirá automáticamente en el coordinador de la red.

En la figura 2 se muestra una configuración alternativa del sistema en la cual el modulo cuenta con la capacidad de funcionar por sí mismo, de manera autónoma, generando su propio sistema inteligente de iluminación. En esta configuración todos los puentes (7) de la red son maestros, respecto a la red de periféricos DALI (8) que gobiernan. Esto es posible gracias a que el módulo cuenta con un algoritmo, lo suficientemente robusto, como para administrar por sí mismo una red de periféricos DALI, sin la necesidad de recibir órdenes de un PLC.

En este caso el sistema está en capacidad de funcionar de manera autónoma, procesando la información proveniente de sensores y botoneras (8). La configuración también permite al usuario (2) generar acciones de control sobre el sistema, por medio de una aplicación móvil (11), que envía al puente diferentes comandos de accionamiento. Esta comunicación se realiza preferiblemente de manera inalámbrica utilizando por ejemplo un protocolo de comunicaciones Bluetooth (12).

Independientemente de la configuración determinada para el sistema, el puente DALI esta conformado por una pluralidad de elementos orientados a garantizar el correcto funcionamiento del sistema. La Figura 3 presenta el diagrama de bloques general del sistema desarrollado, en los que se agrupan las funcionalidades principales del equipo en módulos manejables.

El puente (7) comprende un Módulo Alimentación (13) cuya función es generar los valores de tensión requeridos por cada elemento del sistema, esto es: 18 VDC normalizados para el Bus DALI y la tensión VDC requerida para el normal funcionamiento de los componentes de procesamiento y comunicación. Para alimentar el dispositivo se pueden usar diferentes tipos de fuentes de alimentación: una de ellas puede ser un adaptador comercial (14) con voltajes comprendidos entre los 5 y 24 VDC, preferiblemente 12 V. Igualmente se puede implementar una fuente convencional alimentada por la red eléctrica (15) usando las técnicas conocidas de rectificación y adaptación de voltajes.

Módulo de Procesamiento (16) esta conformado por un microprocesador, siendo este el principal componentes del sistema embebido. A pesar de esto, el diseño de este módulo carece de complejidad a nivel de hardware, pues se trata básicamente de un microcontrolador el cual cuenta con los elementos externos establecidos en la hoja de datos suministrada por el fabricante. La distribución de pines del microcontrolador, se realizo de acuerdo a las especificaciones establecidas en los requerimientos, y evidenciando la conexión con los otros módulos mencionados. De esta manera se tienen establecidos una pluralidad de pines para la conexión con el modulo de acondicionamiento de señal, otra cantidad para la conexión con la memoria y otras para la conexión con el módulo ZigBee. Los otros pines utilizados son: conectores (17) para el modulo inalámbrico Bluetooth, conectores (18) para indicadores de funcionamiento (por ejemplo diodos LED), pines (19) para la selección de la red ZigBee, un pin (20) para la selección del bus y un pin (21) de pruebas. Otra pluralidad de pines puede adaptarse dependiendo de la complejidad del sistema y de la tecnologia utilizada.

El módulo Acondicionador de Señal (22) es el encargado de generar la señal requerida por los periféricos DALI, de acuerdo con el estándar seleccionado. La implementación de este módulo es necesaria por dos (2) factores básicos: el voltaje máximo suministrado por el microcontrolador es menor al voltaje requerido

por el Bus DALI el cual exige señales de 18 V. y se requiere una etapa de protección contra sobre corrientes, dada la naturaleza del protocolo de generar "corto circuito", durante la comunicación.

- 5 El Módulo de Memoria (23) se utilizó dado que durante la evaluación de los protocolos de comunicación inalámbrica, se evidenció una gran limitación, relacionada con la implementación de ZigBee, pues las velocidades de transmisión y recepción impedían el funcionamiento cabal del protocolo DALI, dadas sus estrictas restricciones de tiempo. Para solucionar esto, en lugar de
10 enviar las tramas de solicitud a través de ZigBee, hacía otros puentes, y esperar por una respuesta del periférico involucrado, el Puente DALI está en capacidad de emular la respuesta de un dispositivo que se encuentre en otro puente, por medio de una consulta de la información que tiene almacenada en su memoria. Para esto, se incluyó una memoria SPI, la cual, está en capacidad de almacenar la
15 información de estado y configuración de los periféricos de toda la red, incluyendo los conectados físicamente a otros puentes.

- Al igual que en el módulo de procesamiento, la implementación en hardware de este bloque fue bastante sencilla, por lo que no se realizó una descomposición más detallada, básicamente se emplearon los pines SPI del microcontrolador para
20 el control de un chip de memoria.

- El módulo (24) se encarga de la comunicación inalámbrica tipo ZigBee con otros Puentes DALI en la red. Para este, se implementó un chip dedicado para la
25 comunicación, con el propósito de agilizar los procesos de desarrollo y aprovechar las tecnologías disponibles en el mercado.

- Al igual que en el desarrollo de la comunicación inalámbrica ZigBee, se implento un chip (25) dedicado a la comunicación Bluetooth, con el fin de reducir los
30 tiempos de desarrollo y aprovechar las tecnologías disponibles en el mercado. La

comunicación con el módulo se lleva a cabo por medio de uno de los periféricos (26) tipo UART del microcontrolador.

DESARROLLO DE SOFTWARE EMBEBIDO

5

La ejecución de las actividades de desarrollo de software embebido, está orientada al máximo aprovechamiento de los recursos del microcontrolador, por medio de una codificación de tareas pseudo concurrentes, de manera que, aunque el microcontrolador solamente pueda llevar a cabo tareas de manera secuencial, la CPU no permanece ociosa, a la espera de un evento determinado, sino que por el contrario, se encargara de la ejecución de otras tareas mientras ocurre el evento esperado, emulando el proceso de ejecución de tareas simultáneas.

10

El desarrollo de software se orienta a la generación de sistemas modulares, para esto, como primer paso se identifican componentes generales, los cuales se van descomponiendo, hasta llegar a la generación de diseños de algoritmos, por medio de diagramas de flujo y máquinas de estado, de acuerdo a la complejidad de los bloques y las funcionalidades del equipo.

15

20

En la figura 4 se muestran los componentes de software y hardware que conforman el dispositivo desarrollado. El desarrollo de software comprende un bloque de comunicación serial (27) conectado por medio de una interfaz de comunicación a un bloque de procesamiento DALI (28). Estos dos bloques intercambian diferentes tipos de información como ordenes de ejecución de comandos de accionamiento DALI, ordenes y confirmación de direccionamiento, información de configuración de balastro, información relacionada con consultas, información relacionada con dispositivos periféricos de control (Sensores y Botoneras), grupos y escenas, feedback de confirmación y creación de sistemas de control. La interface funciona de manera bidireccional entre los dos bloques, y adicionalmente puede obtenerse información desde y hacia el aplicativo móvil o proveniente de otro puente DALI.

25

30

El bloque de procesamiento DALI (28) también se encuentra acoplado a un bloque de comunicación DALI (31) a través de una interfaz de comunicación, por medio de la cual intercambian datos relacionados con la ejecución de comandos DALI sobre actuadores, respuestas y solicitudes generadas por una unidad de control tipo PLC, respuestas generadas por los periféricos de campo, instrucciones de direccionamiento, instrucciones de configuración de balastros, consultas de estado de los dispositivos periféricos y configuración de dispositivos periféricos de control.

Así mismo la unidad comprende un bloque administrador de tablas (29) acoplado la unidad de procesamiento DALI (28) con la cual intercambian información relacionada con el listado de elementos direccionados en la red DALI, el estado de cada uno de los elementos periféricos de la red, las características de configuración de cada uno de los periféricos, los elementos actuadores asociados a los periféricos de control y las escenas creadas.

Los bloques de comunicación serial (27) y administrador de tablas (29) se encuentran acoplados por medio de una interfaz de comunicación para intercambiar información relacionada con la solicitud de dispositivos conectados al Bus DALI local, la solicitud de actualización de tablas y el envío de información actual de la tabla local.

Otro bloque de software que comprende el puente, es el bloque de memoria (30) el cual permite al software embebido acceder a una memoria externa por medio de un periférico SPI. Este bloque intercambia información con el bloque administrador de tablas (29) igual a la que intercambian los bloques anteriores: listado de elementos direccionados en la red DALI, estado de cada uno de los elementos periféricos de la red, características de configuración de cada uno de los periféricos de la red, elementos actuadores asociados a los periféricos de control y escenas creadas.

El diseño del bloque de memoria (30) se realizó orientado a la validación de los drivers de funcionamiento, que permiten al software embebido acceder a una memoria externa por medio de un periférico SPI. En este bloque se desarrollaron los diagramas que representan los comandos de lectura, escritura y borrado. Las actividades de diseño y codificación, se llevaron a cabo siguiendo las instrucciones que se encuentran en la hoja de datos del componente.

Por su parte, el bloque de tiempo (32) se encarga de controlar los contadores que determinarán los tiempos de ejecución, para acciones específicas que así lo requieran. Para optimizar el manejo de los recursos del microcontrolador, se empleó únicamente un timer, fijando una base de tiempo para todo el sistema. A partir de esto se contabilizaron los tiempos, por medio de variables de conteo, las cuales incrementaban cada vez que el timer indicaba el fin de un ciclo; una vez la variable alcanza su valor pre determinado, se asume la conclusión del tiempo de espera, indicando la ocurrencia de un evento.

Acoplados a los bloques de software, el puente cuenta con diversos componentes de hardware tal como un modulo ZigBee (33) y un módulo Bluetooth (34) que reciben y transmiten señales desde el bloque de comunicación serial (27). Igualmente la invención comprende un dispositivo de visualización (35) para mostrar el estado del puente (on/off), mensajes de error, y el estado de los modulos DALI y ZigBee. El dispositivo de visualizacion se encuentra conectado a un puerto paralelo (36).

Por su parte, el bloque de memoria se acopla a una memoria externa (37) con la que puede recibir y transmitir datos. Mientras que el bloque de comunicación DALI (31) se conecta a un bus DALI (38) para transmitir las señales de control, y recibir los datos del estado y los sensores del sistema inteligente.

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES

Uno de los componentes más importantes de la presente invención radica en la generación del protocolo de comunicación por medio del cual el puente DALI intercambia información tanto en una red con otros puentes, como con un dispositivo móvil. Para esto fue necesario crear un mecanismo de comunicación que permitiera al software embebido interpretar las instrucciones recibidas y ejecutar acciones específicas para cada caso, empleando un lenguaje común tanto para el transmisor como para el receptor.

En virtud de lo anterior, se implementó un protocolo de comunicaciones que establece el formato por medio del cual se deben construir los mensajes que el Puente DALI debe enviar; cabe aclarar que, para facilitar las labores de codificación y optimizar los tiempos de desarrollo, se generó únicamente un protocolo de comunicación con las tramas necesarias para establecer las comunicaciones en cualquier caso.

Para comprender la forma como el Puente DALI interactúa con su entorno, es necesario visualizarlo como un elemento central, rodeado de dispositivos con los que intercambia información; dicha interacción ocurre por medio de eventos, comandos, mensajes y respuestas. El puente DALI debe manejar una serie de interfaces de comunicación con el propósito de ejecutar correctamente sus funciones, ya sea como esclavo en una red con un dispositivo maestro tipo PLC o como maestro en su propia red.

Para la comunicación inalámbrica del puente DALI, se generó un protocolo único. En virtud de esto se definió una trama orientada a la transmisión de toda la información necesaria para garantizar la compatibilidad entre los elementos involucrados; éstas tramas se envían por medio de periféricos de comunicación

32
32
32
serial tipo UART del microcontrolador, de acuerdo con el dispositivo de destino y el tipo de solicitud.

Debido a la naturaleza de los mensajes, se estableció una trama para el envío de peticiones especificada en la figura 5a, y otra trama para las respuestas a comandos que requieren confirmación o solicitan información específica mostrada en la figura 5b.

Como se puede observar en la figura 5, la trama de respuesta (figura 5b) cuenta con un Byte adicional, identificado como "Feedback" en la posición de dato 1, esto con el propósito de agilizar el procesamiento de tramas que únicamente requieren de un dato de confirmación de la trama recibida; de modo que, si el dispositivo se encuentra a la espera de este tipo de evento, revisará la trama únicamente hasta este campo, ignorando el resto del contenido, permitiendo al dispositivo acelerar el procesamiento.

Para el proceso de comunicación inalámbrica en una red de puentes DALI, fue necesario establecer una topología Maestro/Esclavo, que para no ser confundida con el modo maestro esclavo descrito en capítulos anteriores, se denominará Coordinador/Enrutador. La figura 6 muestra la topología Coordinador/Enrutador, donde se aprecia que únicamente el Coordinador (39) se encuentra en la capacidad de generar mensajes de manera autónoma, esto requiere que, durante el procedimiento de instalación de la red, se defina el dispositivo coordinador que se comunicará con los otros dispositivos enrutadores (40) a través del protocolo de comunicación ZigBee (9).

Por otra parte, en el caso de la comunicación con el dispositivo móvil, es este quién se encarga de administrar la comunicación; enviando tramas de petición a través de Bluetooth, y recibiendo respuestas del Puente DALI que ha sido equipado con este terminal; es por este motivo que lo más aconsejable, es que en

una red de este tipo, solo uno de los puentes, cuente con la conexión del módulo Bluetooth.

Con el fin de asegurar que la transmisión de mensajes se llevó a cabo de manera exitosa, se generaron algunos elementos:

Cuando el dispositivo móvil envía cualquier mensaje, es necesario que el puente DALI genere y envíe a través de Bluetooth un mensaje de confirmación de ejecución, que en adelante será llamado "Feedback", el cual está orientado a informar al usuario a cerca de la ejecución correcta o incorrecta de los comandos enviados.

El campo de tipo de dispositivo de la trama (figura 5), permite al software determinar el destino de la trama recibida; esto es muy útil, por ejemplo, cuando un puente DALI recibe una trama destinada a otro puente: en lugar de consumir recursos de procesamiento extrayendo los datos de la trama, la envía de nuevo hacia la red de puentes con el propósito de que llegue a su destino. Adicionalmente, este identificador, permite atender primero las tramas que provienen de un dispositivo con prioridad, como lo es el control de usuario, de manera que, a pesar de que el dispositivo reciba instrucciones de una unidad de control tipo PLC, siempre se ejecutarán de manera preferente, las instrucciones enviadas por un usuario, a través del control. Los códigos establecidos para definir el tipo de dispositivos se muestra en la siguiente tabla:

Tipo Dispositivo	Nombre
1	Control usuario
2	Control Android
3	Puente DALI
4	Trama Respuesta para Control Usuario
5	Trama Respuesta para Android
6	Trama Respuesta para Puente

El puente DALI configurado como maestro, debe solicitar a los puentes asociados a su red, la información de los eventos sucedidos en los periféricos conectados físicamente a cada Bus DALI, con el propósito de actualizar la tabla de estado de los periféricos, donde el Bus DALI, identifica el bus controlado por el puente coordinador, el cual solicita la actualización de la información de los periféricos en otros buses. En esta configuración, todos los puentes almacenan la información de todos los dispositivos en la red.

El campo función hace referencia al tipo de evento que ha generado el mensaje, los eventos reconocidos por el protocolo son los siguientes:

ID función (hex)	Nombre
0	Comandos DALI
1	Direccionamiento
2	Configuración balastro
3	Consultas
4	Administrador Dispositivos de control
5	Grupos y escenas
6	Tablas
7	Sistemas de control

Si se reciben bytes que no estén dentro de una trama con el formato previamente establecido, serán descartados completamente.

Si el mensaje recibido se encuentra dentro de una trama adecuada, pero los comandos son errados, el dispositivo receptor estará en capacidad de solicitar la retransmisión de la trama que presentó el problema.

5 DISEÑO DETALLADO DE BLOQUES

Con el fin de tener un mayor nivel de claridad respecto a los módulos del software, a continuación se realiza una descripción más detallada de los bloques principales, identificando los elementos que ilustran más claramente el funcionamiento de los elementos.

La figura 7 especifica la estructura del bloque de comunicación serial(27), este bloque se encarga de la administración de las comunicaciones inalámbricas a través de los módulos de ZigBee y Bluetooth; entre sus funciones está la identificación de las tramas recibidas y su envío hacia el módulo encargado de su procesamiento o en caso de que su identificador determine que el destinatario es otro puente, redireccionarlas hacia allí. Adicionalmente, este bloque se encarga de almacenar y encolar los mensajes, con el propósito de reducir la probabilidad de pérdida de información. Las funciones de este bloque son entre otras:

- Retransmitir las tramas que deben ir a otros puentes DALI en la misma red
- Crear y enviar las tramas provenientes del bloque de administración de tablas
- Crear y enviar las tramas solicitadas por el módulo Bluetooth y/o ZigBee
- Extraer los datos de las tramas recibidas
- Encolar los datos

Para llevar a cabo las funciones anteriores, el bloque de comunicación serial (27) comprende un administrador de tramas recibidas (41), el cual es alimentado desde un administrador de tramas Bluetooth (42) y un administrador ZigBee (43), el

administrador de tramas recibidas (41) extrae los datos de la trama y los envía a la cola de envío de información (44) la cual es controlada por el bloque de procesamiento DALI (28). La cola de envío de información (44) entrega la trama al administrador de envío de tramas (45), en el cual se decide si enviar la trama hacia el administrador bluetooth (42) o al administrador ZigBee (43).

En este diseño el administrador de tramas Bluetooth (42), es el estado por defecto, en el que la aplicación periódicamente verifica el buffer de entrada Bluetooth (34) por medio del periférico de comunicación serial Bluetooth UART (46), con el propósito de conocer si existe alguna instrucción solicitada por el usuario, a través del dispositivo móvil. Asimismo, este módulo está en la capacidad de determinar si una trama recibida por el periférico de comunicación serial ZigBee UART (47), está dirigida al puente local, o es necesario re enviarla por el mismo medio. Cuando se identifica que la trama recibida debe ser procesada, el sistema pasa al estado administrador de tramas recibidas (41), el cual como ya se menciono, se encarga de extraer los datos de la trama.

El administrador ZigBee (43), se encarga de construir la trama de acuerdo al formato establecido en el protocolo creado para este propósito y la envía byte a byte a través del módulo Zigbee (33).

El administrador de tramas recibidas (41) extrae los datos y los envía al bloque de procesamiento DALI (28) que es el encargado de la ejecución de los comandos. Como se menciono anteriormente, el bloque de comunicación serial (27) comprende una interfaz para la comunicación con el bloque de administración de tablas (29), de manera que el administrador de tramas recibidas (41) puede obtener de este bloque la dirección de la trama, o puede enviar la trama una vez establece que la función es una tabla. El administrador de envío de tramas (45) igualmente obtiene la dirección de router a través de la interfaz de comunicación mencionada.

La figura 8 muestra en detalle el proceso realizado por el administrador de tramas recibidas. El administrador de tramas recibidas inicia (48) recibiendo la trama propietaria (49); a continuación, el administrador obtiene la dirección DALI de la trama propietaria (50) y asigna la dirección DALI recibida a un dispositivo DALI (51), para luego pasar la información procesada por el bloque administrador de tramas (52), donde se revisa si el dispositivo DALI esta en el actual router (53). Si el dispositivo DALI esta en el router actual, se obtiene la función de la trama (54). Si no, se pone en cola el envío de dispositivo (55) indicando que el dispositivo no se encuentra en el puente actual, y finaliza el proceso.

Si por el contrario, el dispositivo esta en el router actual, se evalua si la función se trata de una tabla (56). Si efectivamente se trata de una tabla, se envía al bloque administrador de tablas (57); si no, se pasa al bloque de procesamiento DALI (58), con lo cual se finaliza (59) el proceso.

En la figura 9 se muestra el proceso que realiza el administrador de envío de tramas. El procedimiento comienza, asignado (60) a una variable, la cantidad de datos en cola del informador. Luego se obtiene la trama de la cola (61), y la identificación de los modulos Bluetooth y ZigBee (62). El siguiente paso es evaluar (63) si la información va para el modulo ZigBee, en cuyo caso se asigna (64) una variable el dispositivo de la trama DALI. Si la información no va para el modulo ZigBee, se envia la trama al administrador Bluetooth (65), y se asigna una variable de cantidad, con el dato inmediatamente anterior (71). Cuando la información va hacia el módulo ZigBee, y una vez se ha asignado la variable(64), esta es enviada al bloque asministrador de tablas (66), en donde el resultado de la dirección del router es asignado como una variable (67), para poder pasar hacia el administrador de envío ZigBee (68) con los datos de trama, dirección de router e identificador de trama.

El resultado de este bloque administrador, se almacena en una variable de resultados (69), y posteriormente se evalúa si tal resultado es igual a 0 (70). Si el resultado es igual a 0, se pasa a asignar una variable de cantidad con el dato inmediatamente anterior (71); en el caso de ser diferente, se asigna una variable como el número de reintentos más uno (72). Si el número de reintentos es igual a cinco (73), se descarta la trama (74) y se devuelve hacia la casilla de asignación de cantidad (71). En caso de ser menor a 5, la trama se vuelve a pasar hacia el administrador de envío ZigBee (68).

10 Luego de asignar la cantidad (71) como el valor anterior, se evalúa si la cantidad es igual a cero (75) en cuyo caso se termina el proceso del administrador (76). Si la cantidad es diferente de cero, se debe retomar hacia el bloque de obtención de la trama (61), para empezar nuevamente el procedimiento.

15 La implementación del protocolo DALI, trae consigo múltiples retos para el desarrollo del Puente DALI, pues además de tener que cumplir con los niveles de tensión y corriente determinados por el estándar, es necesario garantizar el cumplimiento de los tiempos de sincronización entre tramas de petición y respuesta, el cual es de máximo 9,16 ms y depende de la prioridad y el tipo de mensaje.

20 Como se mencionó arriba, la implementación de Zigbee representó una gran desventaja respecto a la velocidad de la comunicación, que fue solucionada por medio de la simulación de respuestas por parte del puente DALI, las cuales se construyen a partir de la información contenida en la memoria externa, en la que se almacena la información de todos los periféricos de la red, como:

- Dirección DALI
- ID del Puente DALI asociado
- Parámetros de Configuración

- Estado Actual
- Asociación de dispositivos de control

Esta implementación del bloque administrador de tablas (29), permite al Puente DALI, simular la respuesta de uno de los periféricos, conectados físicamente a otro Puente DALI, con información real, respecto a la última consulta que se realizó en la red.

Para que este módulo funcione adecuadamente y con el propósito de que la información contenida en la respuesta simulada sea lo más cercana a la realidad, este módulo solicita periódicamente al módulo de comunicación serial (27), el envío de una trama de solicitud de actualización de tablas, con lo cual, los Puentes de la red, envían la información del estado actual de cada uno de los periféricos conectados a su bus DALI.

Adicionalmente, el módulo de administración de tablas (29) le permite almacenar la información del comportamiento autónomo del sistema, al conservar las relaciones entre sensores, botoneras y balastros (asociación de dispositivos de control), aún después de un fallo en el suministro de energía del equipo.

El comportamiento del bloque administrador de tablas, se describe mediante el diagrama presentado en la figura 10. Para configurar el puente se debe establecer un modo (77) el cual puede ser coordinador o enrutador. En el modo coordinador, se pueden hacer solicitudes de actualización de tablas (80), responder a tramas de consulta solicitadas por el módulo Bluetooth a través de tramas de comunicación serial, y estar a espera de los direccionamientos (78), para finalmente responder a la consulta de tablas (81). En el modo enrutador se responde a las solicitudes de actualización de tablas (79) para llegar hasta el paso de consulta de tablas (81).

En la figura 11 se presenta el proceso de consulta de tablas. El proceso es adaptable a las condiciones de funcionamiento de la red, sea como coordinador o enrutador, lo que define su comportamiento en la red ZigBee, o como maestro o esclavo, de acuerdo a su conexión física con otros dispositivos DALI. El proceso inicia verificado el tipo de trama recibido (82) y que solicita la acción. Si se trata de una consulta de actuador, se envía una trama serial (83) de respuesta a la consulta de actuador, cargando los datos de estructura actual del dispositivo. Si la consulta es de un dispositivo de control, se envía una trama serial (84) de respuesta a la consulta de dispositivo de control, cargando los datos de estructura del dispositivo. Si se presenta una trama diferente a las mencionadas anteriormente, se envía una trama serial de respuesta a la consulta indicando un error en el comando (85).

El bloque de procesamiento DALI es uno de los bloques más complejos del sistema, pues es el encargado de replicar el estándar, analizando los datos recibidos desde el Bus DALI, desde otro Puente DALI o desde un usuario (a través del dispositivo móvil); y generando los comandos que deben ser ejecutados y las respuestas en cada caso. Entre las funciones más importantes de este módulo se encuentran:

- Configuración de periféricos
- Consultas
- Parpadeo
- Direccionamiento
- Generación de Grupos y escenas
- Generación de Respuestas
- Funcionamiento de Elementos Periféricos de Control (Sensores y Botoneras)

Otra de las funcionalidades incluidas en este bloque es la que le permite al Puente generar de manera autónoma un entorno inteligente de iluminación, a partir de la

información suministrada por sensores de intensidad de luz y de ocupación, y por botoneras que pueden ser accionadas por los usuarios; por medio de esta funcionalidad, se garantiza que el sistema inteligente de iluminación, puede funcionar aún si no cuenta con el control por parte de un PLC.

5

Para lograr estas funcionalidades, se requirió de un diseño de alta complejidad, con capacidad de replicar los algoritmos empleados por el protocolo DALI y ejecutar acciones específicas, como por ejemplo: el direccionamiento de dispositivos periféricos (luminarias, sensores y botoneras).

10

Otra de las funcionalidades contempladas en este bloque, es la que permite la generación de escenas, en este contexto, la escena hace referencia a un arreglo de luminarias, configuradas con el propósito de crear un ambiente personalizado, pre programado; permitiendo al usuario activarlo o desactivarlo a su gusto. Este proceso permite al usuario configurar ambientes personalizados y almacenarlos en la memoria del equipo, con el fin de que sean activados en cualquier momento.

15

20

El bloque de comunicación DALI es el encargado de convertir la información suministrada por el bloque de procesamiento DALI, en información coherente con el estándar, con el fin de generar las tramas para que sean enviadas por el Bus hacia los periféricos o hacia una unidad de control. El módulo igualmente se encarga de la recepción de tramas que vienen por el Bus DALI, provenientes de periféricos o de una unidad de control tipo PLC, conectada al Bus, y convertirlas en instrucciones conocidas por el bloque de Procesamiento DALI. Sus funciones principales son:

25

- Realizar la codificación de los mensajes de acuerdo con lo establecido en el estándar
- Añadir las cabeceras y colas necesarias para cumplir con el protocolo DALI

42

- Remover las cabeceras y colas correspondientes al protocolo DALI y enviar los datos recibidos hacia el módulo de procesamiento DALI
- Verificar la integridad de los datos recibidos
- Enviar las tramas a través del Bus DALI, de acuerdo con los tiempos de Byte y de trama determinados por el estándar
- Detectar Colisiones
- Decodificar la información recibida a través del bus, para que pueda ser procesada por el módulo correspondiente
- Detectar errores en el bus
- Determinar los tiempos de envío de trama, de acuerdo con las reglas de prioridades establecidas por DALI

El método mencionado representa los procesos de transmisión, recepción y espera de trama, para el Bus DALI, además, involucra un estado de error, en el que se detectan cortos prolongados en el Bus, por razones externas, lo cual representaría un problema en la comunicación y debe ser informado al usuario. El sistema se encuentra por defecto en el estado de "Escuchar Bus", con el propósito de identificar tramas que han sido enviadas desde una unidad de control como un PLC; en caso de que no reciba este tipo de información, el sistema pasa al estado "Modo TX", por medio del cual se generan las tramas que deben ser enviadas, de acuerdo al estándar DALI y a las instrucciones enviadas por el bloque de procesamiento DALI. En caso de que la trama enviada requiera una respuesta, se pasará al estado de "Modo RX", en caso contrario regresará a escuchar el bus.

El algoritmo también cuenta con elementos de detección de colisiones, con el propósito de evitar la corrupción de los datos en caso de que más de un equipo en la red intente enviar un mensaje; cabe resaltar que la generación de este algoritmo de detección, corresponde al descrito en el estándar de colisión establecido por DALI.

Se considera no necesario hacer más extensa esta descripción para que un experto en la materia comprenda el alcance y las ventajas de la invención. Los materiales, forma, tamaño y disposición de los elementos serán susceptibles de variación siempre y cuando ello no suponga alteración en la forma esencial del invento. Todos los términos técnicos y científicos aquí empleados tienen el mismo significado tal como comúnmente los entienden aquellos expertos en la técnica. Todas las publicaciones, solicitudes de patente y patentes y otras referencias mencionadas, quedan incorporadas por referencia en su totalidad.

10

15

20