

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 195**

51 Int. Cl.:

**H05B 37/02** (2006.01)

**G09G 3/34** (2006.01)

**F21S 10/02** (2006.01)

**G02F** (2006.01)

**H05B 41/282** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07766775 .6**

96 Fecha de presentación: **18.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2039226**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.03.2009**

54 Título: **Método para controlar un sistema de alumbrado basado en una distribución de luz objetivo**

30 Prioridad:

**28.06.2006 EP 06116229**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**05.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**05.12.2012**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.**  
**(100.0%)**  
**Groenewoudseweg 1**  
**5621 BA Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**BOLEKO RIBAS, SALVADOR EXPEDITO;**  
**SCHULZ, VOLKMAR y**  
**ENGELN, DIRK VALENTINUS RENÉ**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

ES 2 392 195 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

Método para controlar un sistema de alumbrado basado en una distribución de luz objetivo

5 La invención se refiere a un método para controlar un sistema de alumbrado con múltiples fuentes de luz controlables y un sistema para el mismo.

10 Actualmente están utilizándose sistemas de alumbrado con unidades de luz controlables, que pueden controlarse mediante una unidad de control, para aplicaciones comerciales y de oficina y aumentarán significativamente en un futuro próximo. Para alumbrado comercial y de oficina a medio y largo plazo, se anticipa adoptar nuevas fuentes de luz que ofrecerán una amplia gama de nuevas capacidades al usuario, en términos de color, nivel de brillo, direccionalidad del haz, forma del haz, patrón del haz o efectos dinámicos. Esta funcionalidad y flexibilidad mejorada en la generación de efectos de luz de interior dará como resultado un mayor grado de libertad para diseñar escenarios de alumbrado. Por otra parte, también se aumenta drásticamente el número de parámetros de las fuentes de luz que tienen que regularse, lo que conduce a un procedimiento de configuración y funcionamiento más complejo. En este contexto de infraestructuras de alumbrado avanzadas, existe una necesidad de controlar un sistema de alumbrado de manera automática y de regular el sistema de alumbrado para obtener una distribución de luz objetivo deseada.

20 Se da a conocer un enfoque para solucionar este problema en el documento US 2002/0015097 A1. El documento da a conocer un dispositivo de control de alumbrado que puede controlar de manera automática un sistema de alumbrado en una habitación en función de las condiciones de entorno, es decir luz solar, presencia de seres humanos y fuentes de luz adicionales. El dispositivo de control de alumbrado contiene un sensor que puede producir una imagen electrónica de la habitación. Los medios de control pueden controlar el sistema de alumbrado en respuesta a los valores de radiación medidos tomados de la imagen electrónica, según un nivel de brillo predefinido.

25 El dispositivo de control de alumbrado dado a conocer proporciona un control automático, pero no es posible regular el sistema de alumbrado de manera automática para obtener un escenario de alumbrado deseado dado por un usuario.

30 El documento US 2003/062413 A1 da a conocer un lector manual óptico, por ejemplo para la detección fiable de códigos de barras de matriz 1D y 2D. El lector manual puede comprender LED de iluminación y LED de apunte. Los LED de iluminación sirven para iluminar el código de barras de modo que un sensor de imagen pueda detectar el patrón. Los LED de apunte sirven para ayudar al usuario a dirigir los dispositivos correctamente al código de barras que va a escanearse.

35 El documento JP 05191825A se refiere a un dispositivo de corrección de balance de blancos para un equipo de salida de imagen a color, tal como una impresora de vídeo a color y una cámara de vídeo a color. El dispositivo de corrección mide la distribución espectroscópica de una fuente de luz de fotografía y calcula información de imagen a color corregida respectiva según una fuente de luz convencional utilizando una red neural.

40 El documento "Text information extraction in images and video: a survey" PATTERN RECOGNITION, ELSEVIER, KIDLINGTON, GB, vol. 37, n.º 5, mayo de 2004 (2004-05), páginas 977-997, XP004496837 ISSN: 0031 se refiere a la extracción de texto de información de texto a partir de imágenes y películas de vídeo basándose en un método de localización y reconocimiento de texto.

45 El documento "Digital Color Imaging" IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., vol. 6, n.º 7, julio de 1997 (1997-07), XP011026182 ISSN: 1057-7149 se refiere a la percepción del color y correspondencia del color en el campo de la obtención de imágenes a color digitales. El documento da a conocer algoritmos para procesar imágenes a color para fines de visualización y comunicación.

50 El documento "Vision-Based Strategy to Reduce the Perceived Color Misregistration de Image-Capturing Devices" PROCEEDINGS OF THE IEEE, IEEE, NUEVA YORK, EE.UU., vol. 90, n.º 1, enero de 2002 (2002-01), XP011044600 ISSN: 0018-9219 da a conocer una estrategia para la corrección de desalineamiento de color en escáneres de mesa CCD. En tales dispositivos, el registro defectuoso entre capas de rojo, verde y azul de una imagen puede provocar cromaticidad espuria marginal y emborronamiento en la imagen escaneada resultante. El documento propone un sistema de captura de imágenes en el que se capturan independientemente señales de iluminancia y prominancia para evitar el deterioro de la imagen.

55 El documento US 2005/0116609 A1 da a conocer un aparato de visualización de imágenes que tiene lámparas fluorescentes con un control de color mejorado. Según el documento US 2005/0116609 A1, el envejecimiento de los materiales fluorescentes utilizados en lámparas fluorescentes rojas, verdes y azules es diferente, lo que da como resultado que la cromaticidad del aparato de visualización de cristal líquido cambie. El aparato de visualización de imágenes permite compensar el envejecimiento de las lámparas fluorescentes, de modo que la cromaticidad y el brillo de la pantalla de visualización puede mantenerse sustancialmente constante.

60 El documento US 2005/0116609 A1 da a conocer un aparato de visualización de imágenes que tiene lámparas fluorescentes con un control de color mejorado. Según el documento US 2005/0116609 A1, el envejecimiento de los materiales fluorescentes utilizados en lámparas fluorescentes rojas, verdes y azules es diferente, lo que da como resultado que la cromaticidad del aparato de visualización de cristal líquido cambie. El aparato de visualización de imágenes permite compensar el envejecimiento de las lámparas fluorescentes, de modo que la cromaticidad y el brillo de la pantalla de visualización puede mantenerse sustancialmente constante.

65 El documento US 2005/0116609 A1 da a conocer un aparato de visualización de imágenes que tiene lámparas fluorescentes con un control de color mejorado. Según el documento US 2005/0116609 A1, el envejecimiento de los materiales fluorescentes utilizados en lámparas fluorescentes rojas, verdes y azules es diferente, lo que da como resultado que la cromaticidad del aparato de visualización de cristal líquido cambie. El aparato de visualización de imágenes permite compensar el envejecimiento de las lámparas fluorescentes, de modo que la cromaticidad y el brillo de la pantalla de visualización puede mantenerse sustancialmente constante.

El documento US 2005/0062446 A1 da a conocer un sistema de control para un dispositivo de iluminación que tiene fuentes de luz diferenciadas. El sistema comprende una pluralidad de elementos emisores de luz, un dispositivo de detección y un sistema de cálculo para determinar un conjunto de señales de control y para controlar la iluminación que está creándose. El sistema de cálculo sirve para linealizar las señales de sensor del dispositivo de detección como una entrada al controlador a fin de mantener constante la intensidad luminosa y el croma.

El documento EP 0652 690 A1 da a conocer un sistema para el control automático del alumbrado que tiene medios para detectar la iluminación en una habitación y medios para regular la iluminación en la habitación. Según el documento, el sistema comprende una unidad de medición para detectar la iluminación en una habitación. El sistema utiliza las mediciones para proporcionar parámetros de control para activar las unidades de alumbrado individuales. El sistema puede detectar adicionalmente el alumbrado externo, es decir la luz del día. Puede entrenarse una unidad de lógica difusa o una red neural, de modo que pueden aprenderse y predecirse los desarrollos en el tiempo, tal como el recorrido del Sol o las nubes. El sistema puede aprender adicionalmente las tareas de un usuario y regular un alumbrado correspondiente.

El documento US2004/0105261 A1 da a conocer métodos y un aparato para generar y modular las condiciones de iluminación. En una realización, el documento da a conocer un sistema de calibración, que permite a un usuario seleccionar un color. El sistema de calibración mide entonces el espectro de la luz ambiental, compara el espectro medido con el espectro seleccionado y ajusta el color de la luz producida. El procedimiento se repite para minimizar la diferencia entre el espectro deseado y el espectro medido.

Por consiguiente, un objeto de esta invención es proporcionar un método y un sistema para controlar un sistema de alumbrado con múltiples fuentes de luz controlables que proporciona un control automático basándose en una distribución de luz objetivo deseada.

El objeto de esta invención se soluciona mediante el método para controlar un sistema de alumbrado con múltiples fuentes de luz controlables según la reivindicación 1 y un sistema para controlar un sistema de alumbrado según la reivindicación 11. Las reivindicaciones dependientes se refieren a realizaciones preferidas de la invención.

Para hacer funcionar el sistema de alumbrado, se utiliza un conjunto de órdenes de control. La invención permite la generación automática de órdenes de control para controlar fuentes de luz de un sistema de alumbrado, basándose en una distribución de luz objetivo dada por el usuario. Por tanto ventajosamente no es necesario regular manualmente cada parámetro de cada fuente de luz controlable implicada. El usuario sólo necesita definir una distribución de luz objetivo, que en el contexto de la presente invención se entiende que comprende cualquier representación del escenario de alumbrado deseado que va a aplicarse a un entorno, por ejemplo una habitación. El escenario de alumbrado deseado u objetivo puede comprender cualquier efecto de alumbrado y por tanto, por ejemplo, áreas con diferentes valores de brillo y colores. La distribución de luz objetivo puede ser en forma de cualquier representación adecuada, por ejemplo un mapa de bits de color, una serie de valores numéricos, o vectores. La distribución de luz objetivo puede diseñarse por medio de un aparato de diseño adecuado, por ejemplo un ordenador con un software de diseño de alumbrado. El sistema según la invención genera entonces de manera automática un conjunto adecuado de órdenes de control para el sistema de alumbrado basándose en la distribución de luz objetivo.

Las fuentes de luz pueden ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo unidades de alumbrado comercialmente disponibles halógenas, CDM, HID, UHP, OLED o LED. Puede controlarse al menos un parámetro de cada fuente de luz. Éste puede ser el estado encendido/apagado de la respectiva fuente de luz en el caso más simple. Preferiblemente, las fuentes de luz también pueden controlarse en términos del brillo de la luz emitida, es decir puede atenuarse. Lo más preferiblemente, la fuente de luz o los grupos de fuentes de luz generan luz en múltiples colores, de manera que también puede controlarse el color de la luz emitida. Por ejemplo, en este caso puede utilizarse una disposición de LED de alta potencia de colores. Además, también pueden considerarse unidades de alumbrado de cabeza móvil.

Generalmente, un conjunto de órdenes de control comprende órdenes que regulan parámetros de las fuentes de luz controlables a valores definidos. Aunque pueden tratarse todos los parámetros de las fuentes de luz controlables, no es necesario que un conjunto de órdenes de control trate todas las fuentes de luz o incluso todos los parámetros de una única fuente de luz. Por ejemplo, en un sistema de alumbrado instalado en una habitación grande, por ejemplo unos grandes almacenes, el usuario puede querer regular sólo la distribución de luz para un área limitada de los grandes almacenes, y por tanto las órdenes de control sólo necesitan tratar las unidades de luz controlables instaladas en este área de la habitación.

Para determinar un conjunto adecuado de órdenes de control según la invención, el método comprende un procedimiento de optimización con varias etapas.

En una primera etapa para determinar un conjunto adecuado de órdenes de control, se obtienen datos de influencia que representan el efecto de una o más de las fuentes de luz sobre la iluminación de una o más secciones del entorno iluminado. En el contexto de la presente invención, una sección puede ser cualquier parte espacial del

entorno iluminado, por ejemplo un punto en el entorno, un punto de luz, un área pequeña o incluso un área de ventas espacial, por ejemplo en unos grandes almacenes.

5 Dentro del contexto de datos de influencia, el término “efecto” de las fuentes de luz puede referirse a cualquier valor medible que describe el impacto de fuentes de luz sobre objetos (por ejemplo paredes reflectantes) dentro del espacio observado. En una realización simple, puede ser una distribución de brillo geométrica, que sólo describe la intensidad de iluminación de un cierto objeto o área por una fuente de luz. Además, puede haber información espectral, preferiblemente relativa al color, pero no necesariamente limitada al intervalo visible. Generalmente, el efecto puede escribirse como  $p(x, y, z, \lambda)$ , donde  $p$  es la distribución de energía medida en una ubicación geométrica  $x, y, z$  y  $\lambda$  es la longitud de onda. Preferiblemente, la información de color puede darse como datos de RGB o RGBE.

15 Debe indicarse que, aunque es preferible que la distribución de luz objetivo y el efecto medido estén en el mismo formato (es decir comprenden preferiblemente los mismos parámetros medidos en las mismas ubicaciones), éste no es necesariamente el caso.

20 Los datos de influencia pueden por tanto formarse por cualquier tipo de información que hace posible una correlación entre al menos una orden de control y el efecto de la orden de control sobre el sistema de alumbrado y el entorno iluminado.

25 Para encontrar un conjunto adecuado de órdenes de control que puede generar el escenario de alumbrado objetivo, se determina un primer conjunto de órdenes de control. Esto puede considerarse una “primera suposición” para controlar el sistema de alumbrado según una distribución de luz objetivo dada. El primer conjunto de órdenes de control puede basarse en distribuciones de luz objetivo previas o simplemente regularse a valores generalmente definidos, por ejemplo en términos de brillo, para un brillo del 50%. A continuación se describen varios métodos preferidos para determinar el primer conjunto de órdenes de control.

30 Utilizando los datos de influencia explicados anteriormente, es posible determinar una distribución de luz predicha para un conjunto dado de órdenes de control, en este caso para el primer conjunto de órdenes de control. Esta distribución de luz predicha se compara entonces con la distribución de luz objetivo.

35 Según la invención, se determina una diferencia colorimétrica entre la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo. Por tanto, se determina ventajosamente cómo de próxima está la distribución de luz predicha, regulada según el primer conjunto de órdenes de control, a la distribución de luz objetivo deseada. Basándose en el resultado de esta determinación, se determina un nuevo conjunto de órdenes de control. Un procedimiento de este tipo puede denominarse una operación iterativa.

40 La diferencia colorimétrica se refiere a uno o más valores, que definen una medida de lo estrechamente que corresponde la distribución de luz predicha a la distribución de luz deseada u objetivo. La diferencia colorimétrica utilizada debería por tanto proporcionar una medida de cómo de diferentes percibe el ojo humano dos colores. Por tanto, el término “diferencia colorimétrica” presupone un cálculo de una diferencia de color y/o una diferencia en la temperatura de color correlacionada.

45 Una diferencia de color entre dos puntos puede calcularse según ecuaciones convencionales conocidas por los expertos en la técnica y adecuadas para determinar la diferencia colorimétrica entre dos puntos, por ejemplo CIE 94, BFD, AP, CMC o CIEDE 2000, de las cuales se prefiere especialmente la ecuación CIEDE 2000. Siempre que se utilizan imágenes para describir distribuciones de luz, puede aplicarse el filtrado adicional u otro procesamiento a las distribuciones de luz antes de la determinación de la diferencia colorimétrica, como se explicará en detalle a continuación.

50 A partir de la diferencia de color calculada y/o diferencia en la temperatura de color correlacionada, que se realiza preferiblemente sobre una pluralidad de ubicaciones, es posible calcular un criterio global para la diferencia colorimétrica.

55 Una vez determinado este criterio que describe la diferencia entre la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo, se decide basándose en el resultado de esta determinación si es necesaria una optimización adicional del conjunto de órdenes de control. Para optimizar el conjunto de órdenes de control aún más, se realiza una pluralidad de etapas de ajuste para minimizar la diferencia colorimétrica. Las etapas de ajuste incluyen cada una la determinación de un nuevo conjunto de órdenes de control, la determinación de una distribución de luz predicha resultante para dicho nuevo conjunto de órdenes de control utilizando los datos de influencia, y la determinación de la diferencia colorimétrica entre la distribución de luz predicha y la distribución objetivo. Cada etapa se realiza de manera análoga a la mencionada anteriormente. Pueden aplicarse etapas de ajuste adicionales si la diferencia entre la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo no es suficiente.

65 Pueden utilizarse varios algoritmos para optimizar la diferencia de color en el método iterativo según la invención. Generalmente se necesita un método de optimización multiobjetivo multidimensional (optimización de vector) para

minimizar la diferencia colorimétrica. Tales métodos se conocen en sí mismos en la técnica. Los métodos especialmente preferidos incluyen métodos basados en gradientes y algoritmos genéticos. Un ejemplo de un método basado en gradientes puede ser la NBI (intersección de límite normal), que puede utilizarse para obtener la solución más adecuada. Naturalmente, la invención no se limita a los métodos de optimización mencionados anteriormente.

5 Los criterios para la optimización pueden ser, por ejemplo, un criterio de mínimos cuadrados (es decir para minimizar la raíz cuadrada de la suma de las diferencias colorimétricas calculadas al cuadrado entre las distribuciones de luz predicha y objetivo) o para minimizar (en el sentido de Pareto) el valor medio de las diferencias colorimétrica calculadas y el promedio del valor medio de esas diferencias colorimétrica calculadas que son superiores al valor percentil 95.

10 Los datos de influencia pueden obtenerse de una etapa de detección, una base de datos adecuada o una entrada manual. Se prefiere especialmente que los datos de influencia se obtengan de al menos una etapa de detección en la que se hace funcionar cada una de las fuentes de luz según una pluralidad de valores de parámetros y se detecta el impacto de cada parámetro sobre la una o más secciones del entorno iluminado. En cada etapa de detección, se obtiene un conjunto de datos fotométricos lo que representa el impacto del uno o más parámetros de las respectivas fuentes de luz.

15 En las etapas de detección mencionadas anteriormente, pueden utilizarse detectores adecuados para la configuración inicial del sistema de alumbrado. No se utilizan para otras operaciones.

20 Según un aspecto preferido de la invención, el primer conjunto de órdenes de control para controlar el sistema de alumbrado se determina por medio de una red neural. La red neural se entrena en el uso de los datos de influencia obtenidos, por ejemplo, como se explicó anteriormente. El primer conjunto de órdenes de control se utiliza en el método según la invención como se describió anteriormente. La optimización puede ser significativamente más rápida dentro de las etapas de ajuste en este caso, puesto que el primer conjunto de órdenes de control, determinado según el presente aspecto puede suministrar ya una distribución de luz que está muy próxima a la distribución de luz deseada.

25 La red neural puede ser, por ejemplo, una red neural artificial (ANN), en la que los datos de influencia se utilizan como conjuntos de entrenamiento, y el conjunto de órdenes de control constituye la salida de la ANN. En este caso, la ANN está entrenada para traducir un conjunto de órdenes de control en una distribución de luz predicha. Los datos de influencia se utilizan para generar neuronas de entrada.

30 Se prefiere que la distribución de luz objetivo comprenda condiciones límite para los parámetros de la una o más unidades de alumbrado del sistema de alumbrado. Las condiciones límite comprenden al menos uno o más de: consumo de energía máximo permitido, valor medio mínimo de la iluminancia, eficacia luminosa requerida mínima, un conjunto de valores posibles para cada parámetro (por ejemplo el número de etapas de discretización por canal, tales como 8 bits o simplemente encendido-apagado), intervalo promedio del índice de reproducción de color (CRI), valores límite para la temperatura de color correlacionada (CCT) o índice de armonía de color mínimo (HRI), aunque la invención no se limita a los mismos. Incluidas en la distribución de luz objetivo, estas condiciones límite deben considerarse en la determinación de un conjunto adecuado de órdenes de control. Alternativamente, cualquier optimización de vector puede englobar el consumo de energía y la eficacia luminosa como criterios de rendimiento en vez de condiciones límite.

35 En una realización preferida de la invención, la determinación de la diferencia colorimétrica comprende la transformación de la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo en un espacio de color perceptualmente uniforme. Esta realización preferida prevé que las diferencias colorimétricas calculadas sean independientes del color absoluto de los puntos comparados. Este espacio de color perceptualmente uniforme puede ser no lineal, tal como CIELAB u otros espacios de color aplicables. En una realización adicional preferida, se efectúa una transformación en un espacio de color lineal. Este hace posible una adición directa ventajosa de los valores triestímulo de las fuentes de luz relevantes para obtener un conjunto de órdenes de control que corresponde a la distribución de luz objetivo. Los ejemplos de espacios de color adecuados incluyen RGB, RGBE y CIE XYZ lineales. El uso de un espacio de color lineal es especialmente ventajoso en la determinación de la distribución de luz predicha mediante la inversión de matriz explicada anteriormente. También pueden considerarse influencias de fuentes de luz que no son del sistema si se utiliza un espacio de color lineal.

40 Se prefiere que la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo se filtren por medio de una función de filtro espacial antes de la determinación de la diferencia colorimétrica. El uso de un filtro espacial potencia ventajosamente la determinación de la diferencia colorimétrica entre la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo. Puesto que la diferencia colorimétrica debe determinarse tan próxima como sea posible a la diferencia en distribuciones de luz según se percibe por el ojo humano, se retiran los componentes de imagen que el ojo humano no puede ver, mientras que se potencian los más representativos. Se prefiere especialmente que el filtro espacial se asemeje a la función de sensibilidad de contraste (CSF) de la visión humana. Pueden encontrarse detalles sobre la CSF en G.M. Johnson y M.D. Fairchild, "A top down description of S-CIELAB and CIEDE2000", Color Research and Application, 28(6):425-435, diciembre de 2003.

Filtros adicionales pueden añadirse al, o reemplazar el, filtro mencionado anteriormente antes de la determinación de la diferencia colorimétrica, por ejemplo un filtro que se asemeje al modelo de diferencia visual de color (CVDM) como se explica en E.W. Jin, X.F. Feng y J. Newell "The development of a colour visual difference model (CVDM)", IS&Ts 1998 Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conf., páginas 154-158, 1998.

5 Para aplicar el filtro espacial, las distribuciones de luz se transforman preferiblemente en un espacio de color opONENTE que presenta una dimensión de luminancia y dos dimensiones de crominancia.

10 Cuando se describe una distribución de luz en términos de un conjunto de datos fotométricos, la diferencia colorimétrica puede determinarse fácilmente comparando todos los puntos de datos de la distribución de luz. Este enfoque puede llevar a un tiempo de cálculo largo y por tanto puede ser ineficiente.

15 Para evitar grandes esfuerzos de cálculo, puede ser ventajoso aplicar una etapa de procesamiento de segmentación antes de la determinación de la diferencia colorimétrica. Por tanto se prefiere realizar una segmentación antes de la determinación de la diferencia colorimétrica. La segmentación comprende la determinación de valores representativos de la distribución de luz objetivo y/o la distribución de luz predicha, que son característicos de las secciones asociadas del entorno que va a iluminarse o de la distribución de luz respectiva. La determinación de la diferencia colorimétrica entre la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo se limita entonces a los valores representativos, reduciendo por tanto el tiempo de cálculo.

20 El claro beneficio asociado a esta etapa de segmentación es la reducción del número de puntos de datos para los que tiene que determinarse la diferencia de color. Ambas distribuciones de luz, la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo, pueden segmentarse, pero es suficiente segmentar sólo una de las distribuciones de luz, siempre y cuando se garantice una correlación definida desde un valor de píxel de la primera distribución de luz a la otra.

25 En una realización preferida de un método de segmentación, la distribución de luz se divide en regiones más pequeñas, utilizando por ejemplo una rejilla rectangular regular. Entonces se identifican varios píxeles coloriméricamente característicos para cada subregión de la rejilla.

30 En una realización adicional de un método de segmentación, la distribución de luz se segmenta basándose en la distribución de color dentro de la distribución de luz respectiva. En este caso, la distribución de luz se segmenta en secciones que muestran una cierta homogeneidad de color. Para estas secciones, se seleccionan uno o más valores representativos, que representan dicho cierto color.

35 En otra realización preferida de un método de segmentación, la distribución de luz se segmenta basándose en secciones del entorno iluminado que se caracterizan por el impacto de una cierta fuente de luz.

40 Naturalmente, también es posible una combinación de los métodos de segmentación anteriores. Los métodos de segmentación descritos anteriormente deben seleccionarse cuidadosamente, dependiendo de la aplicación respectiva, puesto que cada segmentación lleva a una reducción inherente de información que puede llevar a una pérdida de calidad del conjunto de órdenes de control que activa la distribución de luz objetivo.

45 En un sistema para controlar un sistema de alumbrado que comprende una o más unidades de luz controlables, conectadas a medios de control, los medios de control están diseñados para obtener datos de influencia del sistema de alumbrado que representan el efecto de una o más de dichas fuentes de luz sobre la iluminación de una o más secciones del área iluminada. Los medios de control están diseñados adicionalmente para determinar un primer conjunto de órdenes de control, para determinar una distribución de luz predicha para dicho primer conjunto de órdenes de control a partir de dichos datos de influencia, para determinar una diferencia colorimétrica entre dicha distribución de luz predicha y una distribución de luz objetivo, y para aplicar una pluralidad de etapas de ajuste a dicho conjunto de órdenes de control con el fin de minimizar dicha diferencia colorimétrica. Se determina un nuevo conjunto de órdenes de control, se determina una distribución de luz predicha para dicho nuevo conjunto de órdenes de control a partir de dichos datos de influencia, y se determina dicha diferencia colorimétrica en cada etapa.

55 Para controlar cada parámetro de la respectiva unidad de alumbrado, las unidades de alumbrado se conectan a medios de control. El término "conectado" en el contexto de la presente invención se entiende como que incluye todas las clases adecuadas de conexiones de control, tanto inalámbricas como por cable, que hacen posible regular los parámetros controlables de la respectiva unidad de alumbrado. La conexión de control puede formarse, por ejemplo, mediante un simple relé controlable. Preferiblemente, se utiliza una conexión de control eléctrica, por ejemplo una conexión por cable DMX (USITT DMX512, USITT DMX512/1990) o una conexión LAN. Lo más preferiblemente, se utiliza una conexión de control inalámbrica, que reduce ventajosamente el tiempo de instalación. La conexión de control inalámbrica puede establecerse, por ejemplo, utilizando tecnología ZigBee (IEEE 802.15.4), WLAN (IEEE 802.11 b/g), Bluetooth o RFID, que están disponibles comercialmente.

65 Los medios de control pueden ser cualquier tipo de circuito eléctrico o electrónico adecuado. Por ejemplo, los medios de control pueden ser un circuito lógico, una unidad de microprocesador o un ordenador. Los medios de

control implementan el método para obtener un conjunto de órdenes de control tal como se describió anteriormente.

Los datos de influencia pueden obtenerse de medios de base de datos o mediante entrada manual. Se prefiere que el sistema comprenda además medios detectores conectados a los medios de control mediante una conexión adecuada, como se mencionó anteriormente. Los medios detectores obtienen los datos de influencia del sistema de alumbrado haciendo funcionar cada fuente de luz según una pluralidad de valores de parámetros en una o más etapas de detección. Se detecta el impacto de cada parámetro sobre la una o más secciones del entorno iluminado. En cada etapa de detección, se obtiene un conjunto de datos fotométricos que representan el impacto del uno o más parámetros de las respectivas fuentes de luz.

Los medios detectores pueden comprender un sensor adecuado, por ejemplo un sensor de CCD. Los medios detectores deben poder detectar el efecto de las fuentes de luz sobre su posición. Cualquiera de los parámetros anteriores de este efecto puede medirse por el sensor. Por ejemplo, el sensor de CCD puede medir simplemente la intensidad. Dependiendo de los filtros situados en el CCD, el sensor puede medir RGB, RGBE u otros colores. Si el CCD se equipa con filtros de banda estrecha, también puede llevar a cabo mediciones cuasi espectrales.

Dependiendo del tamaño de habitación en la que se aplica un sistema de programación de este tipo, los medios detectores comprenden preferiblemente más de un sensor para obtener un área de monitorización grande global. Naturalmente, las posiciones de los medios detectores en el entorno respectivo deben mantenerse constantes durante el funcionamiento del sistema de alumbrado.

La invención se explicará en detalle a continuación con referencia a las figuras, en las que

la figura 1 muestra una realización de un sistema para controlar un sistema de alumbrado, instalado en una habitación;

la figura 2 muestra una primera realización en un diagrama esquemático de un método, según la invención;

la figura 3 muestra un diagrama detallado de la etapa de determinación de la diferencia colorimétrica según la realización mostrada en la figura 2;

la figura 4 muestra un diagrama esquemático de etapas de un método según una realización de la invención que utiliza una red neural.

La figura 1 muestra una realización de un sistema para controlar un sistema de alumbrado según la invención. El sistema comprende varias fuentes 3a, 3b de luz, que están dispuestas para iluminar secciones 5 de una habitación. Mientras que las fuentes 3a de luz, situadas en el techo de la habitación, se utilizan principalmente para iluminar la habitación, las fuentes 3b de luz se disponen para efectos de alumbrado especiales, es decir alumbrado arquitectónico. Las fuentes 3a, 3b de luz se conectan a una unidad 1 de control e interfaz (CUI) mediante conexiones DMX 512. La CUI 1 está prevista para la interacción con el usuario. La CUI 1 comprende una pantalla con una interfaz gráfica, que permite al usuario introducir una distribución de luz objetivo deseada que debe aplicarse a la habitación por las fuentes 3a, 3b de luz. La CUI comprende además una unidad de procesador que determina órdenes de control adecuadas correspondientes a la distribución de luz objetivo para una configuración y también controla el sistema.

El sistema comprende una cámara 2 de CCD para obtener datos de influencia que reflejan el impacto de cada parámetro sobre la una o más secciones 5 de la habitación. La cámara 2 de CCD observa toda la habitación, como se indica por las líneas discontinuas en la figura 1. Pueden utilizarse cámaras 2 adicionales para obtener datos de influencia desde diferentes puntos de vista, especialmente en habitaciones grandes. Pueden utilizarse otros sensores 4, tales como sensores de luz del día o luz dispersa, para compensar cualquier efecto sobre la distribución de luz objetivo deseada.

Se determina un conjunto de órdenes de control para controlar el sistema de alumbrado basándose en una optimización para obtener la distribución de luz objetivo deseada según la invención.

La figura 2 muestra la secuencia de operaciones de una primera realización según un primer aspecto de la invención. Inicialmente, el usuario define la distribución 21 de luz objetivo deseada, por ejemplo utilizando la interfaz gráfica de la CUI 1 mostrada en la figura 1. Alternativamente es posible obtener la distribución 21 de luz objetivo, por ejemplo, a partir de una base de datos.

En la etapa 22, se obtienen datos de influencia del sistema de alumbrado, datos que representan el efecto de una o más de dichas fuentes de luz sobre la iluminación de una o más secciones de un entorno iluminado. Teniendo los datos de influencia, es posible formar un modelo del sistema de alumbrado y determinar el efecto de un conjunto de órdenes de control.

Para obtener los datos de influencia, un método a modo de ejemplo puede incluir tomar una imagen de la habitación

estando todas las fuentes de luz apagadas. Como se explicó anteriormente, la imagen puede tomarse por un sensor 2 de CCD, fotosensor, etc. Entonces se enciende una unidad de alumbrado específica, accionada según una configuración definida, y se toma una imagen adicional. Entonces puede determinarse el impacto de la fuente de luz específica a partir de una comparación entre las dos imágenes (antes/después), y se genera un conjunto de datos 5 fotométricos. Un método heurístico de este tipo tendrá que aplicarse a todas las fuentes de luz en el sistema de alumbrado y para cada configuración de parámetros de cada fuente de luz respectiva. Cada conjunto de datos fotométricos representa entonces una configuración específica, es decir un conjunto de valores para los parámetros controlables para cada fuente de luz, por ejemplo color, nivel de atenuación, patrón de luz, etc. Para permitir una adición de la luz de diferentes fuentes de luz, los datos de influencia deben determinarse en un espacio de color 10 lineal, por ejemplo sRGB lineal. Alternativamente, es posible obtener los datos de influencia a partir de una base de datos o de una entrada manual por el usuario.

En la etapa 23, se genera un primer conjunto de órdenes de control para controlar el sistema de alumbrado, basándose en la distribución de luz objetivo. El primer conjunto de órdenes de control puede considerarse como una 15 "primera suposición" para controlar el sistema de alumbrado, como se mencionó anteriormente. El primer conjunto de órdenes de control puede seleccionarse, por ejemplo, a partir de una base de datos en la que se almacenan algunas distribuciones de luz convencionales. En este caso se selecciona una distribución de luz de la base de datos que es próxima a la distribución de luz objetivo. El primer conjunto de órdenes de control puede determinarse adicionalmente mediante el método según un segundo aspecto como se explica más adelante.

Teniendo los datos de influencia, es posible determinar una distribución de luz predicha para dicho primer conjunto 20 de órdenes de control. Esto se realiza en la etapa 24.

Generalmente, la mayoría de las distribuciones de luz objetivo implican una mezcla de luz de las respectivas fuentes 25 de luz en un sistema de alumbrado con múltiples fuentes de luz.

Según la casi linealidad de la percepción humana del color, resumida por la ley de Grassmann de mezclado de color 30 aditivo para espacios de color lineales, el color que resulta de combinar varias fuentes de luz coloreadas puede predecirse como la suma de los valores triestímulo de las respectivas fuentes de luz tomadas por separado

$$K_1(x, y) = \sum_{i=1}^N K_{1,i}(x, y)$$

$$K_2(x, y) = \sum_{i=1}^N K_{2,i}(x, y)$$

$$K_3(x, y) = \sum_{i=1}^N K_{3,i}(x, y)$$

35 donde  $K_m$  se refiere al m-ésimo valor triestímulo en el respectivo espacio de color lineal,

$x, y$  son coordenadas del punto de datos, e  $i$  se refiere a la  $i$ -ésima fuente de luz del sistema de alumbrado.

Por tanto, es posible calcular el impacto de múltiples fuentes de luz sobre secciones de la habitación iluminada 40 sumando los valores triestímulo de cada fuente de luz. Por consiguiente, cuando se obtiene información sobre el impacto de cada parámetro de las fuentes de luz en la habitación iluminada, es posible determinar la distribución que se aplicará cuando se hacen funcionar simultáneamente múltiples unidades de alumbrado (es decir predecir el aspecto que tendrá).

En la etapa de calibración, se determina un vector o matriz  $I_k$  manteniendo la medida de imagen/fotométrica de base 45  $k$ -ésima que resulta de esta etapa de calibración. Se aplica un filtrado espacial (CVDM o S-CIELAB) a  $I_k$ .  $I_k$  se expresa en un espacio de color independiente del dispositivo. Las imágenes digitales de este tipo se almacenan normalmente como matrices  $X_r \times Y_r \times 3$  que contiene valores de  $N_b$  bits (donde  $N_b$  es la profundidad de color).

50 Según la ley de Grassman, la distribución de luz predicha puede calcularse con la expresión

$$\tilde{I} = I_{\text{pred}}(\{\alpha_k\}_{k \in \Omega}) = \sum_{k \in \Omega} I_k$$



Entonces, la distribución de luz predicha se transforma de un espacio de color independiente de dispositivo de luz lineal al espacio de color CIE Lab según

$$5 \quad \tilde{J}_{objetivo} =_{\text{indep. disp.}} T^{CIELab} \{ \tilde{I} \}$$

Lo mismo se hace con la distribución de luz objetivo

$$10 \quad J_{objetivo} =_{\text{indep. disp.}} T^{CIELab} \{ I_{objetivo} \}$$

En la siguiente etapa 25, se calcula una diferencia colorimétrica entre la distribución 21 de luz objetivo y la distribución de luz predicha según se determina en la etapa 24. Los detalles de la etapa 25 se explican más abajo.

15 Si la diferencia colorimétrica calculada en la etapa 25 es suficientemente pequeña, el método finaliza. La distribución de luz predicha puede aplicarse entonces al sistema de alumbrado en la etapa 26.

20 Si la diferencia colorimétrica es demasiado grande, se lleva a cabo una optimización adicional. Entonces se ajustan los valores para los parámetros controlables en una etapa 27 de ajuste, y se repiten las etapas anteriores. El "bucle iterativo" así formado continúa hasta que la diferencia colorimétrica es suficientemente baja o no puede reducirse más.

25 Como se mencionó anteriormente, generalmente se realiza un método de optimización multidimensional (optimización de vector) para minimizar la diferencia colorimétrica. En un primer ejemplo, se utiliza un método basado en gradientes con un criterio de mínimos cuadrados para obtener un conjunto adecuado de órdenes de control. Los métodos de este tipo se conocen en sí mismos por los expertos en la técnica. Se describe un posible enfoque, por ejemplo, en: Lawson, C.L. y R.J. Hanson, Solving Least Squares Problems, Prentice-Hall, 1974, capítulo 23, pág. 161. Como se explicarán adicionalmente, la optimización puede ser adicionalmente multiobjetivo, es decir estar dirigida a optimizar no sólo la diferencia colorimétrica como criterio único, sino también otros criterios tales como el consumo de energía minimizado, la eficacia luminosa maximizada, etc.

30 Como se mencionó anteriormente, las distribuciones de luz pueden representarse por vectores numéricos. Estos vectores pueden estar formados por los valores triestímulo de puntos respectivos en la habitación en la que está instalado el sistema de alumbrado. Por ejemplo, el sensor 2 de CCD mostrado en la figura 1 puede formar una imagen de píxeles, en la que cada píxel representa un punto respectivo.

35 Cuando se determina la diferencia colorimétrica, se comparan la distribución de luz objetivo y la distribución de luz predicha. Esto se logra comparando los puntos de datos respectivos de las dos distribuciones de luz en términos de diferencia de color. Para este propósito, las dos distribuciones de luz deben corresponderse, es decir un punto de datos en la distribución de luz objetivo y en la distribución de luz predicha debe referirse al mismo punto "real" en la habitación. Por ejemplo, si ambas distribuciones de luz están formadas por imágenes, las imágenes deben tomarse desde el mismo ángulo de visión y con la misma resolución de píxeles. Si las dos distribuciones de luz no se corresponden, es necesaria una correlación.

40 La diferencia de color puede calcularse para cada punto de datos utilizando, por ejemplo, una de las siguientes ecuaciones: CIEDE 2000, CIE94, BFD, AP o CMC. Para determinar la diferencia colorimétrica de la distribución de luz global, se calcula el valor medio de la diferencia de color de todos los puntos de datos. Puede encontrarse una descripción técnica de las ecuaciones S-CIELAB y CIEDE 2000 en los siguientes documentos: G.M. Johnson y M.D. Fairchild, "A top down description of SCIELAB and CIEDE2000", Color Research and Application, 28(6):425-435, diciembre de 2003; G. Sharma, M.J. Vrhel y H.J. Trussel, "Color imaging for multimedia", Proceedings of the IEEE 86(6):1088-1108, junio de 1998; M.C. Stone, "Representing colors as three numbers", IEEE Computer Graphics and Applications, 25(4):78-85, julio-agosto de 2005.

45 Para obtener resultados adecuados cuando se calcula la diferencia colorimétrica, la etapa 25 puede incluir varias etapas de procesamiento previo mostradas en la figura 3. Este procesamiento previo tiene que aplicarse a ambas distribuciones de luz. En primer lugar, las distribuciones de luz se transforman en un espacio de color independiente de dispositivo en la etapa 31 para lograr la comparabilidad entre las dos distribuciones de luz. El espacio de color independiente de dispositivo puede seleccionarse de sRGB, LMS y CIE XYZ.

60 Entonces, en la etapa 32, las dos distribuciones de luz se transforman en un espacio de color oponente que presenta una dimensión de luminancia y dos dimensiones de crominancia.

Antes de esto, las distribuciones de luz se filtran individualmente en la etapa 33, para lo cual se utilizan filtros espaciales que se asemejan a la función de sensibilidad de contraste (CSF) de la visión humana. En este caso, se retiran los componentes de las distribuciones de luz que no pueden verse por el ojo humano y se potencian los más

representativos. Estos componentes pueden ser, por ejemplo, colores específicos. Este procesamiento previo espacial permite que la posterior determinación de la diferencia colorimétrica represente estímulos de color complejos y la sensibilidad humana espacial y de color.

5 Alternativa o adicionalmente a una etapa de filtrado que utiliza la función de sensibilidad de contraste, puede utilizarse el modelo de diferencia visual de color (CVDM) para filtrar las distribuciones de luz. El CVDM se describe en detalle en X.F. Feng y S. Daly "Vision-based strategy to reduce the perceived colour misregistration of image-capturing devices", Proceedings of the IEEE, 90(1):18-27, enero de 2002.

10 Entonces se transforman las distribuciones de luz filtradas en el espacio de color CIELAB en la etapa 34. Este espacio de color es un espacio de color más uniforme que el anterior, es decir diferencias percibidas de manera similar en el aspecto de las distribuciones de luz proporcionan magnitudes calculadas de manera similar de diferencia colorimétrica, proporcionando así una mejor correspondencia con diferencias de color tal como se ven por un ojo humano.

15 Tras la transformación, las distribuciones de luz se segmentan en la etapa 35. Como se mencionó anteriormente, la segmentación comprende una determinación de valores representativos de la distribución de luz objetivo y/o la distribución de luz predicha. Los valores representativos son característicos de secciones asociadas de la distribución de luz respectiva.

20 En un método de segmentación a modo de ejemplo, la distribución de luz se divide en regiones más pequeñas, por ejemplo utilizando una rejilla rectangular regular. Por ejemplo, la distribución de luz se divide en secciones 5, como se explica con referencia a la figura 1. Entonces se identifican varios puntos de datos coloriméricamente representativos para cada subregión de la rejilla. Los puntos de datos de cada sección se combinan en agrupamientos con este propósito. Una selección para los componentes puede ser los valores triestímulo de los puntos de datos, por ejemplo los valores RGB o alternativamente cualquier otro triplete colorimétrico tal como, por ejemplo, los valores de coordenadas X, Y y Z en un espacio de color CIE XYZ, o aún otras magnitudes colorimétricas tales como claridad, croma y saturación psicométrica, etc.

25 Se conocen muchos métodos alternativos en la técnica para realizar la etapa de agrupamiento mencionada anteriormente. Por ejemplo, pueden aplicarse el algoritmo de Lloyd, de c-medias difusas o el gas neural como etapas de agrupamiento. Una vez identificado un número de agrupamientos sensiblemente bajo, debe seleccionarse un punto de datos representativo para cada agrupamiento, por ejemplo uno de los puntos de datos evaluado en los componentes colorimétrico y de ubicación que está más próximo, en términos de la distancia euclidiana, del centro de el agrupamiento al que pertenece. Alternativamente, un punto de datos representativo de este tipo puede ser un elemento seleccionado aleatoriamente del agrupamiento. El claro beneficio asociado a esta etapa de segmentación es la reducción del número de puntos de datos para los que tiene que determinarse la diferencia de color.

30 Ambas distribuciones de luz, la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo, pueden segmentarse, pero es suficiente segmentar sólo una de las distribuciones de luz, siempre y cuando se garantice una correlación definida desde un punto de datos de la primera distribución de luz a la otra.

35 Posteriormente a la segmentación, se determina la diferencia de color entre los respectivos puntos de datos de las distribuciones de luz en la etapa 36.

40 La matriz (vector) de diferencias de color entre las distribuciones de luz predicha y buscada se calcula (en píxeles) según CMC, CIE 94, CIE DE2000 o similar

$$\Delta I = \text{diferencia de color}(\tilde{J}, \tilde{J}_{\text{objetivo}}) = [\delta_{ij}]$$

45 A partir de este vector de diferencia de color, se calcula entonces un criterio que sirve como una medida de cómo de próxima se percibe que se encuentra la distribución de color predicha con respecto a la distribución objetivo.

50 Hay varias maneras posibles de calcular un criterio de este tipo. En un enfoque simple, puede determinarse un valor medio de las diferencias de color por todos los puntos de datos en la etapa 37. Entonces puede optimizarse este criterio único en un método de optimización de objetivo único multidimensional.

55 Sin embargo, se prefiere calcular el criterio de una manera más adecuada utilizando una función de ponderación. Esta función de ponderación  $w_{ij}$  tiene un factor de ponderación para cada ubicación  $i, j$  de modo que algunas ubicaciones pueden enfatizarse (mayor  $w$ ) o la influencia de algunas ubicaciones puede limitarse (pequeña  $w$ ), o incluso suprimirse ( $w = 0$ ). Se prefiere adicionalmente utilizar no sólo un criterio, sino calcular más y entonces utilizar un método de optimización multidimensional multiobjetivo.

60 El problema matemático que va a solucionarse puede describirse por un par de funciones objetivas. En el presente ejemplo, el primer criterio (función objetiva) es el valor medio de las diferencias de color entre las dos distribuciones

de luz (punto de medición ponderado, dependiendo posiblemente de la relevancia del área). El segundo criterio (función objetivo) se define como la media de los mismos valores, que son superiores o iguales al percentil 95 de los valores de diferencia de color en la matriz:

$$\min_{\{\alpha_k\}} \left[ \begin{array}{l} \text{promed}(w_{ij}\delta_{ij}) \\ \text{promed}(w_{ij}\delta_{ij} > \delta_{i95}) \end{array} \right]$$

El objetivo de la optimización es calcular la composición que minimiza estos dos criterios en el sentido de Pareto.

La optimización de objetivo único multidimensional y la multiobjetivo, multidimensional pueden solucionarse ambas a través de algoritmos genéticos o métodos de NBI (intersección de límite normal) conocidos para los expertos en la técnica.

En una realización alternativa, los criterios para la diferencia colorimétrica pueden incluir adicionalmente la temperatura de color correlacionada. En el siguiente ejemplo, se pretende reproducir/visualizar una distribución objetivo expresada en términos de temperatura de color correlacionada (CCT) en/sobre una cierta superficie de trabajo además de la distribución de luz objetivo en términos de luminancia y crominancia.

$$T_{\text{objetivo}} = [\tau_{ij_0}]$$

La CCT puede evaluarse con sencillez a partir de una imagen o a partir de mediciones fotométricas/colorimétricas por medio del denominado método de Robertson (Robertson A. R. Journal on Optics Society of America, 58, páginas 1528-1535; G. Wyszecki, W.S. Stiles, Colour Science Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2ª edición, Wiley-Interscience, 1982) u otras formulaciones alternativas (A. Borbély, A. Sámson, J. Schanda. The concept of correlated colour temperature revisited, Color Research & Application. Volumen 26, número 6, páginas 450 - 457, 2001; K. Wnukowicz, W. Skarbek Colour temperature estimation algorithm for digital images - properties and convergence, Opto- Electronics Review, 11(3), páginas 193-196, 2003).

$$\tilde{T} = \text{CCT}(\tilde{I}) = [\tilde{\tau}_{ij}]$$

La CCT se estima en píxeles, de manera similar al modo descrito anteriormente para la diferencia colorimétrica, de modo que una matriz (vector) de diferencias euclidianas entre la CCT predicha resulta de la combinación lineal predicha de medidas de imagen/fotométricas de base

$$\Delta T = \left[ (\tilde{\tau}_{ij} - \tau_{ij_0})^2 \right] = \left[ \delta \tau_{ij} \right]$$

y el problema puede solucionarse de manera aproximada con

$$\min_{\{\alpha_k\}} \left[ \begin{array}{l} \text{promed}(w_{ij}\delta_{ij}) \\ \text{promed}(w_{ij}\delta_{ij} > \delta_{i95}) \\ \sqrt{\sum_i \sum_j \delta\tau_{ij}} \end{array} \right]$$

Un segundo aspecto trata de cómo encontrar un primer conjunto adecuado de órdenes de control. Esto se logra usando una red neural artificial (ANN).

El conjunto de órdenes de control determinado según la presente realización se utiliza como el primer conjunto de órdenes de control en la realización según la invención, como se explica con referencia a la figura 2.

En este caso, los datos de influencia se utilizan como conjuntos de entrenamiento, y el conjunto de órdenes de control es una salida de la ANN. La ANN está por tanto entrenada para traducir un conjunto de órdenes de control en una distribución de luz predicha. Los datos de influencia se utilizan para generar neuronas de entrada. Los datos de influencia pueden escribirse como una matriz numérica. Utilizando el método explicado anteriormente para obtener

los datos de influencia, la relación entre un conjunto de órdenes de control, o matemáticamente un vector de control  $c$ , y la distribución de luz predicha asociada, que se obtiene cuando se hace funcionar el sistema de alumbrado con el conjunto de órdenes de control  $i$ , puede escribirse como

$$5 \quad i \approx Jc$$

done  $J$  es la matriz de influencia. La ecuación anterior será generalmente más una estimación que una ecuación exacta, de ahí el signo "aproximadamente igual". Utilizando el método de detección a modo de ejemplo explicado anteriormente, pueden describirse vectores de control  $C$  a modo de ejemplo como  $[1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]^T$ ,  $[0 \ 1 \ 0 \ \dots \ 0]^T$ , ...,  $[0 \ 0 \ \dots \ 1]^T$ . La pseudoinversa de la matriz de influencia  $J^+$  puede considerarse como un posible modelo para el impacto entre el conjunto de órdenes de control y el impacto sobre el entorno iluminado. Cuando se invierte la matriz, la ecuación puede escribirse como

$$15 \quad c \approx J^+i$$

Por tanto la distribución de luz objetivo puede sustituirse en la ecuación anterior como el vector  $i$ , y puede determinarse por la ANN un vector de control  $c$ , es decir un conjunto de órdenes de control para controlar el sistema de alumbrado según la distribución de luz objetivo deseada.

20 Aunque el enfoque explicado anteriormente puede no hacer posible obtener una solución matemáticamente exacta, la ANN puede utilizar el enfoque para determinar una distribución de luz objetivo predicha basándose en los datos de influencia.

25 En el presente ejemplo, se supone que la relación entre los controles de luz y su efecto es sustancialmente lineal. Por consiguiente, puede suponerse una arquitectura de neurona lineal multiadaptativa (MADALINE) simple. Entonces se entrena una ANN construida según esta arquitectura utilizando el concepto de aprendizaje supervisado. Los datos de entrenamiento requeridos para este concepto son parejas de entradas-salidas conocidas del sistema. Esto constituye los datos de influencia descritos anteriormente.

30 La figura 4 ilustra cómo se recogen datos de entrenamiento: dado el sistema (por ejemplo la habitación de la figura 1), con luces 3a, 3b controlables, paredes reflectantes y el dispositivo 2 de sensor (cámara de CCD), puede aplicarse un conjunto de vectores de control ( $C_i$ ) al sistema y se miden los efectos ( $E_i$ ). Entonces se utilizan los efectos ( $E_i$ ) y los vectores de control ( $C_i$ ) como datos de entrenamiento para la ANN, que implementa el sistema de control. Una vez que el sistema de control está bien entrenado, generará el vector de control  $C_i$  cuando se dé la entrada  $E_i$ .  $E_i$  puede considerarse como un efecto objetivo que se obtiene aplicando  $C_i$ . Dado cualquier efecto deseado  $D$  como una entrada, el sistema de control generará rápidamente un vector de control.

40 Este vector se utiliza como una primera suposición para la optimización descrita anteriormente. El enfoque de ANN puede utilizarse como una memoria que almacena configuraciones conocidas, o como un sistema de control diferencial que genera ajustes sobre el vector de control, basándose en diferencias entre un objetivo deseado y uno medido.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para controlar un sistema de alumbrado con múltiples fuentes (3a, 3b) de luz controlables, en el que al menos un parámetro de cada fuente (3a, 3b) de luz puede controlarse mediante al menos una orden de control, en el que
- se obtienen datos de influencia del sistema de alumbrado, datos que proporcionan una correlación entre dicha al menos una orden de control y el efecto de dicha orden de control sobre la iluminación de una o más secciones de un entorno iluminado, caracterizado porque
  - se determina un primer conjunto de órdenes de control para controlar dicho al menos un parámetro controlable,
  - se determina una distribución de luz predicha para dicho primer conjunto de órdenes de control a partir de dichos datos de influencia,
  - se determina una diferencia colorimétrica entre dicha distribución de luz predicha y una distribución de luz objetivo, y
  - se realiza una pluralidad de etapas (27) de ajuste para minimizar dicha diferencia colorimétrica, en el que en cada etapa se determina un nuevo conjunto de órdenes de control, se determina una distribución de luz predicha para dicho nuevo conjunto de órdenes de control a partir de dichos datos de influencia, y se determina una diferencia colorimétrica.
2. Método según la reivindicación 1, en el que dichos datos de influencia se obtienen en al menos una etapa (22) de detección, en el que se hace funcionar cada una de dichas fuentes (3a, 3b) de luz según una pluralidad de valores de parámetros, y se detecta el efecto de cada parámetro sobre dicha una o más secciones del entorno iluminado.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se lleva a cabo una optimización iterativa basada en un gradiente dentro de las etapas (22) de ajuste.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que se lleva a cabo una optimización iterativa utilizando algoritmos genéticos dentro de las etapas (22) de ajuste.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer conjunto de órdenes de control se determina a partir de una red neural que se entrena en el uso de dichos datos de influencia.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha distribución de luz objetivo comprende condiciones límite para dichos parámetros de la una o más fuentes (3a, 3b) de luz del sistema de alumbrado, comprendiendo dichas condiciones límite uno o más de un consumo de energía máximo permitido, un valor medio mínimo de la iluminancia, una eficacia luminosa requerida mínima, un conjunto de valores posibles para cada parámetro, un intervalo promedio del índice de reproducción de color o un índice de reproducción de armonía de color mínimo.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación de la diferencia colorimétrica comprende la transformación de la distribución de luz predicha y/o la distribución de luz objetivo a un espacio de color perceptualmente uniforme.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distribución de luz predicha y la distribución de luz objetivo se filtran con una función de filtro espacial antes de la determinación de la diferencia colorimétrica.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación de la diferencia colorimétrica comprende una segmentación previa, comprendiendo dicha segmentación una determinación de valores finitos representativos de dicha distribución de luz objetivo y/o dicha distribución de luz predicha que son características de secciones del entorno que van a iluminarse, y la determinación de la diferencia colorimétrica entre dicha distribución de luz predicha y dicha distribución de luz objetivo está limitada a dichos valores finitos.
10. Método para controlar un sistema de alumbrado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de órdenes de control se almacena en medios de base de datos junto con información relativa a dicha distribución de luz objetivo.
11. Sistema para controlar un sistema de alumbrado que comprende una o más fuentes (3a, 3b) de luz controlables, conectadas a medios de control, en el que al menos un parámetro de cada fuente (3a, 3b) de luz puede controlarse mediante al menos una orden de control, en el que los medios de control están diseñados

- para obtener datos de influencia del sistema de alumbrado, datos que proporcionan una correlación entre dicha al menos una orden de control y el efecto de dicha orden de control sobre la iluminación de una o más secciones del área iluminada, caracterizado porque los medios de control están diseñados adicionalmente

- 5 - para determinar un primer conjunto de órdenes de control para controlar dicho al menos un parámetro controlable
- los medios de control están diseñados adicionalmente para determinar una distribución de luz predicha para dicho primer conjunto de órdenes de control a partir de dichos datos de influencia, y
- 10 - para determinar una diferencia colorimétrica entre dicha distribución de luz predicha y una distribución de luz objetivo y para llevar a cabo una pluralidad de etapas de ajuste en dicho conjunto de órdenes de control con el fin de minimizar dicha diferencia colorimétrica, en el que en cada etapa se determina un nuevo conjunto de órdenes de control, se determina una distribución de luz predicha para dicho nuevo conjunto de órdenes de control a partir de dichos datos de influencia y se determina una diferencia colorimétrica.

15

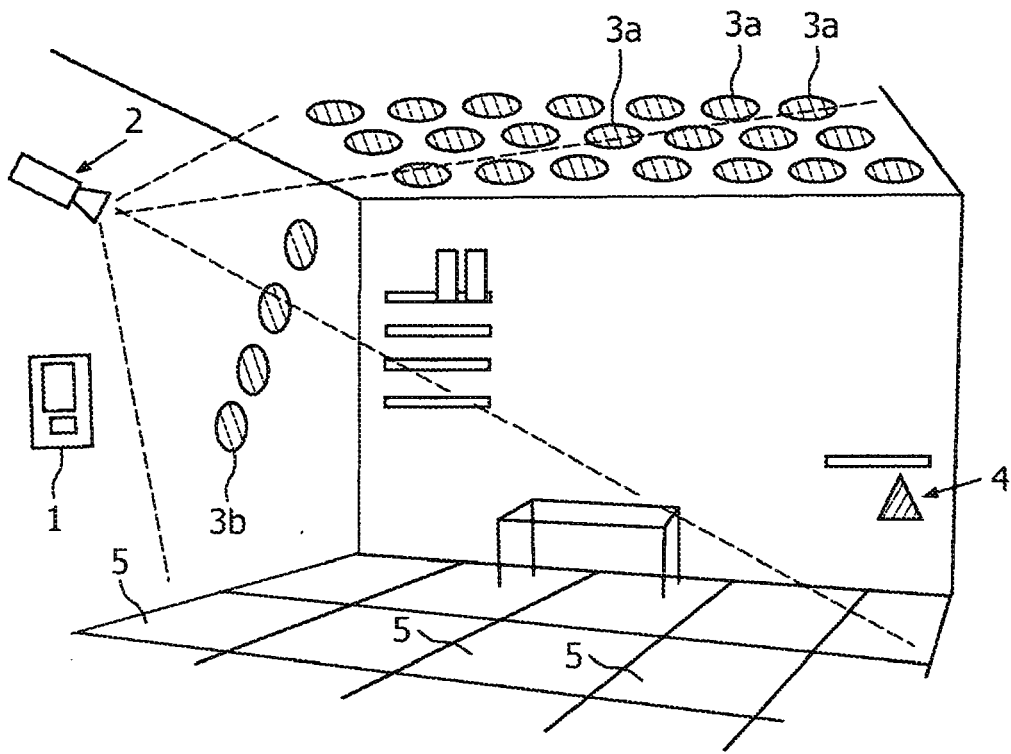


FIG. 1

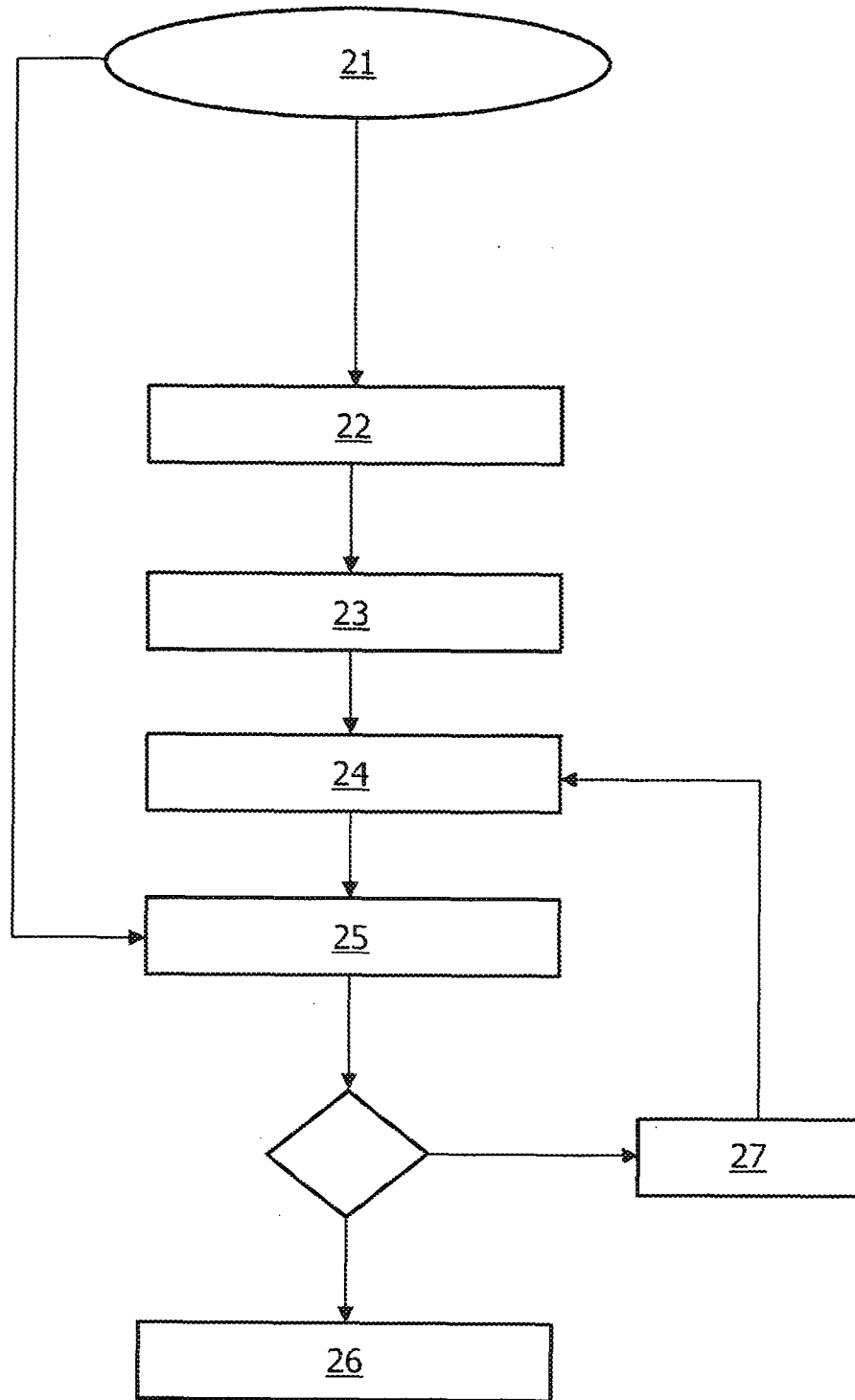


FIG. 2



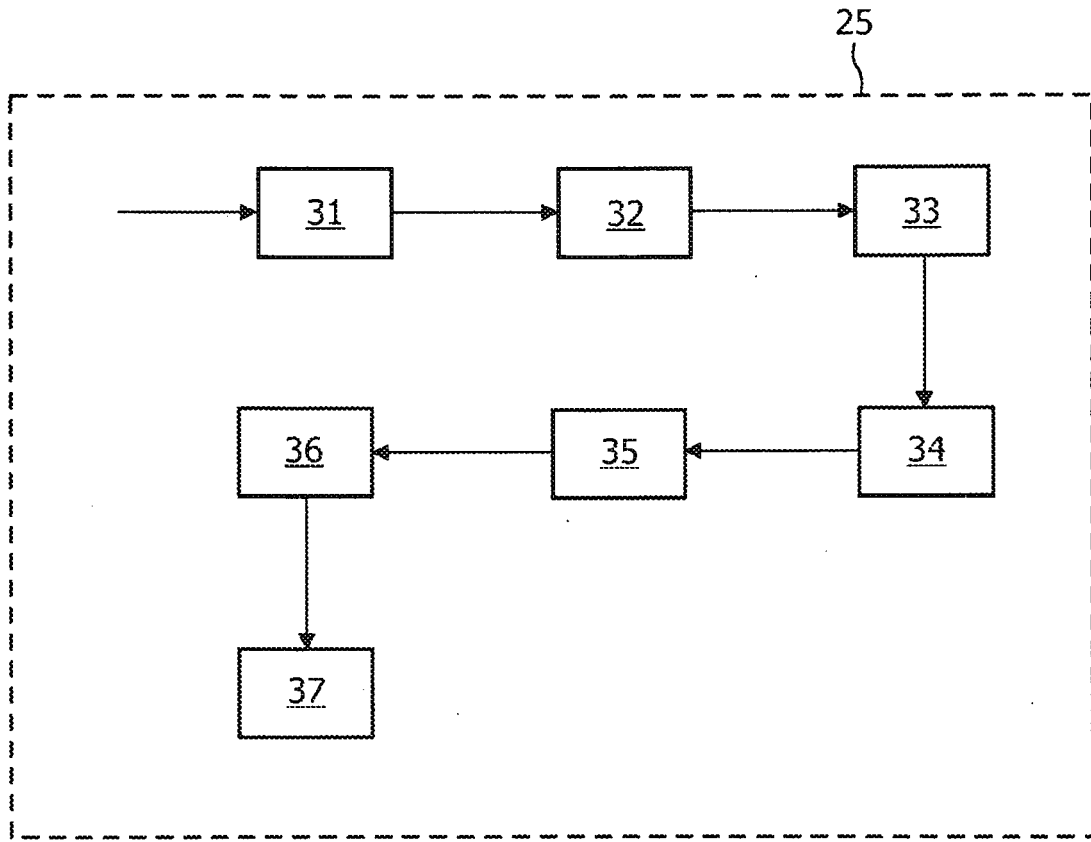


FIG. 3

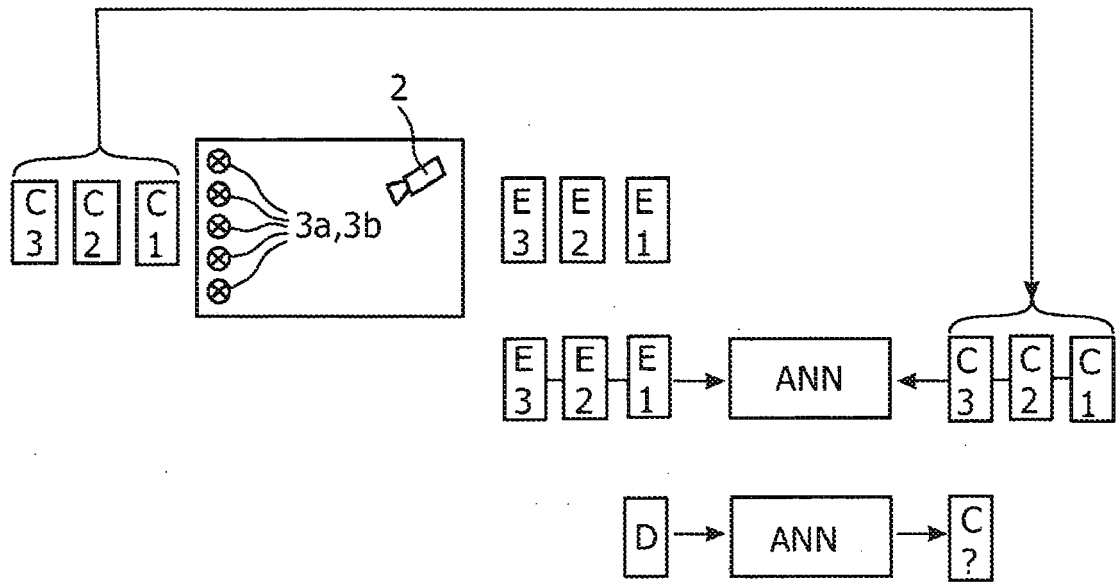


FIG. 4