

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0713293-0 A2**

(22) Data de Depósito: 18/06/2007
(43) Data da Publicação: 17/04/2012
(RPI 2154)



(51) *Int.Cl.:*
H05B 37/02
G09G 3/34
F21S 10/02
G02F 1/13357

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM MÚLTIPLAS FONTES DE LUZ CONTROLÁVEIS, E, SISTEMAS PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E PARA DETERMINAR UM CONJUNTO DE COMANDOS DE CONTROLE PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

(30) Prioridade Unionista: 28/06/2006 EP 06116229.3

(73) Titular(es): Koninklijke Philips Eletronics N.V.

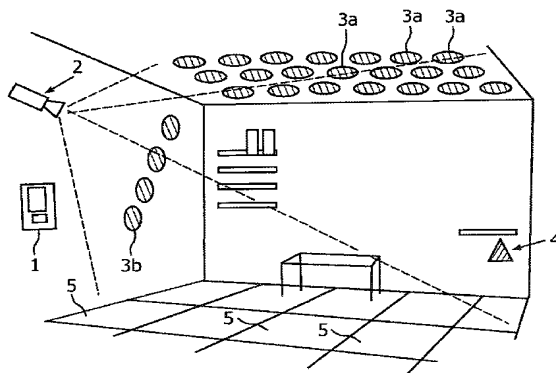
(72) Inventor(es): Dirk Valentinus René Engelen, Salvador
Expedito Boleko Ribas, Volkmar Schulz

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT IB2007052323 de 18/06/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/001259de
03/01/2008

(57) Resumo: MÉTODO PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM MÚLTIPLAS FONTES DE LUZ CONTROLÁVEIS, E, SISTEMAS PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E PARA DETERMINAR UM CONJUNTO DE COMANDOS DE CONTROLE PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO. A invenção se relaciona a um método para controlar um sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz controláveis (3a, 3b) e um sistema para ele. De acordo com um primeiro aspecto, dados de influência do sistema de iluminação são obtidos, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das fontes de luz (3a, 3b) na iluminação de uma ou mais seções de um ambiente iluminado. Em um método de otimização, conjuntos de comandos de controle são continuamente determinados, uma distribuição de luz prevista para esses comandos de controle é determinada a partir dos dados de influência, e uma diferença colorimétrica entre uma distribuição de luz prevista e uma distribuição de luz alvo é determinada. Uma pluralidade de passos de ajuste é efetuada para minimizar a diferença colorimétrica. De acordo com um segundo aspecto, uma rede neural é treinada com os dados de influência e um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação é determinado com o uso da rede neural.





MÉTODO PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM
MÚLTIPLAS FONTES DE LUZ CONTROLÁVEIS, E, SISTEMAS PARA
CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E PARA DETERMINAR
UM CONJUNTO DE COMANDOS DE CONTROLE PARA CONTROLAR
5 UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO”

A invenção se relaciona a um método para controlar um
sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz controláveis e um sistema
para ele.

Sistemas de iluminação com unidades de iluminação
10 controláveis, que são controláveis através de uma unidade de controle, são
sendo usados hoje para aplicações comerciais e de escritório e vai aumentar
em significância no futuro próximo. Para iluminação comercial e de escritório
a meio e longo prazo, é previsto adotar novas fontes de luz que vão oferecer
um escopo amplo de novas capacidades para o usuário, em termos de cor,
15 nível de luminosidade, direção do feixe, forma do feixe, padrão do feixe, ou
efeitos dinâmicos. Esta funcionalidade e flexibilidade aprimorada em gerar
efeitos de luz internos vão resultar em um maior nível de liberdade para
projetar de cenários de iluminação. Por outro lado, também o número de
parâmetros das fontes de luz que têm de ser configuradas é dramaticamente
20 aumentada, o que conduz a procedimentos de configuração e operação mais
complexos. Neste contexto de infra-estruturas de iluminação avançadas, uma
necessidade existe para controlar um sistema de iluminação automaticamente
e para configurar o sistema de iluminação para uma distribuição de luz alvo
desejada.

25 Uma abordagem para resolver este problema é divulgado na
US 2002/0015097 A1. O documento divulga um dispositivo de controle de
iluminação que é capaz automaticamente para controlar um sistema de
iluminação em uma sala na dependência das condições ambientais, i. e. luz do
sol, presença de seres humanos, e fontes de luz adicionais. O dispositivo de

controle de iluminação contém um sensor capaz de produzir uma imagem eletrônico da sala. Meios de controle são capazes para controlar o sistema de iluminação em resposta aos valores de radiação medidos tomados a partir da imagem eletrônica, de acordo com um nível de luminosidade pré-definido.

5 O dispositivo de controle de iluminação divulgado fornece um controle automático, mas não é possível configurar o sistema de iluminação automaticamente para um cenário de iluminação desejado dado por um usuário. Conseqüentemente, é um objeto desta invenção para fornecer um método e um sistema para controlar um sistema de iluminação com múltiplas
10 fontes de luz controláveis que fornecem um controle automático com base em uma distribuição de luz alvo desejada.

O objeto desta invenção é resolvido pelos métodos de controlar um sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz controláveis de acordo com as reivindicações 1 e 10 e sistemas para controlar um sistema
15 de iluminação de acordo com reivindicações 12 e 13. Reivindicações dependentes relacionam modalidades preferidas da invenção.

Para operar o sistema de iluminação, um conjunto de comandos de controle é usado. A invenção possibilita a geração automática de comandos de controle para controlar fontes de luz de um sistema de
20 iluminação, com base em uma distribuição de luz alvo, dada pelo usuário. É assim, de forma vantajosa, não necessário configurar, de modo manual, cada parâmetro de cada fonte de luz controlável envolvida. O usuário somente necessita definir uma distribuição de luz alvo, que é no contexto da presente invenção entendido compreender qualquer representação do cenário de
25 iluminação obtido a ser aplicada para um ambiente, por exemplo, uma sala. O cenário de iluminação obtido ou alvo pode compreender qualquer efeito de iluminação e assim sendo, por exemplo, áreas com diferentes cores e valores de luminosidade. A distribuição de luz alvo pode ser na forma de qualquer representação adequada, por exemplo, um mapeamento de bit por cor, uma

matriz de valores numéricos, ou vetores. A distribuição de luz alvo pode ser projetada por meio de um aparelho de projetar adequado, por exemplo, um computador com um software de projeto de iluminação. O sistema de acordo com a invenção então automaticamente gera um conjunto adequado de comandos de controle para o sistema de iluminação nas bases da distribuição de luz alvo.

As fontes de luz podem ser de qualquer tipo adequado, por exemplo, halo disponível comercialmente, unidades de iluminação de CDM, HID, UHP, OLED, ou LED. Pelo menos um parâmetro de cada fonte de luz é controlável. Isto pode ser o estado ligado / desligado da respectiva fonte de luz no caso mais simples. Preferencialmente, as fontes de luz são também controláveis em termos da luminosidade da luz emitida, i. e. escurecimento. Mais preferencialmente, a fonte de luz ou grupos de fontes de luz geram luz em múltiplas cores, tal que também uma cor da luz emitida é controlável. Por exemplo, uma matriz de LEDs coloridos de alta potência pode ser usada aqui. Mais ainda, unidades de iluminação de movimento de cabeça podem também ser consideradas.

Geralmente, um conjunto de comandos de controle compreende comandos que configuram parâmetros das fontes de luz controláveis para valores definidos. Embora todos os parâmetros controláveis das fontes de luz, possam ser endereçados, não é necessário que um conjunto de comandos de controle enderece todas as fontes de luz ou mesmo todos os parâmetros de uma única fonte de luz. Por exemplo, em um sistema de iluminação instalado em uma grande sala, por exemplo, uma loja de departamento, um usuário pode somente querer configurar a distribuição de luz para uma área limitada da loja de departamento, e assim sendo os comandos de controle somente necessitam endereçar as unidades de iluminação controláveis instaladas nesta área da sala.

Para determinar um conjunto adequado dos comandos de

controle de acordo com um primeiro aspecto da invenção, o método compreende um procedimento de otimização com um número de passos.

Em um primeiro passo para determinar um conjunto adequado de comandos de controle, dados de influência são obtidos que representam o efeito of uma ou mais das fontes de luz na iluminação de uma ou mais seções do ambiente iluminado. No contexto da presente invenção, uma seção pode ser qualquer parte espacial do ambiente iluminado, por exemplo, um ponto no ambiente, um foco de luz, uma pequena área, ou mesmo uma área de vendas especial, por exemplo em um alojamento de departamento.

Dentro do contexto dos dados de influência, o termo “efeito” das fontes de luz pode se referir a qualquer valor medido descrevendo o impacto de fontes de luz em objetos (e. g. paredes de reflexão) dentro do espaço observado. Em uma modalidade simples, isto pode ser uma distribuição de luminosidade geométrica, descrevendo somente a intensidade da iluminação de um certo objeto ou área através de uma fonte de luz. Também, pode haver informação espectral, preferencialmente relacionando a cor, mas não necessariamente limitada para o intervalo visível. De forma geral, o efeito pode ser escrito como $p(x, y, z, \lambda)$, onde p é uma distribuição de potência medida em uma localização geométrica x, y, z e λ é o comprimento de onda. Preferencialmente, informação de cor pode ser dada como dados de RGB ou RGBE.

Deve ser notado que, enquanto é preferível que a distribuição de luz alvo e o efeito medido deve ser no mesmo formato (i. e. preferencialmente compreende os mesmos parâmetros medidos nas mesmas localizações), que é não necessariamente o caso.

Os dados de influência podem assim sendo ser formados por qualquer tipo de informação que torna possível um mapeamento entre pelo menos um comando de controle e o efeito do comando de controle sobre o sistema de iluminação e o ambiente iluminado.

Para achar um conjunto adequado de comandos de controle capaz de gerar o cenário de iluminação alvo, um primeiro conjunto dos comandos de controle é determinado. Isto pode ser considerado como um “primeiro acerto” para controlar o sistema de iluminação de acordo com uma dada distribuição de luz alvo. O primeiro conjunto dos comandos de controle pode ser baseado nas distribuições anteriores de luz alvo ou simplesmente ser conjunto, de forma geral, de valores definidos, por exemplo, em termos de luminosidade, para uma luminosidade de 50%. Vários métodos preferidos para determinar o primeiro conjunto dos comandos de controle são descritos abaixo.

Usando os dados de influência explicados acima, é possível determinar uma distribuição de luz prevista para um dado conjunto de comandos de controle, aqui para o primeiro conjunto de comandos de controle. Esta distribuição de luz prevista é então comparada com a distribuição de luz alvo.

De acordo com a invenção, a diferença colorimétrica entre uma distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo é determinada. É assim, de forma vantajosa, determinado o quão perto a distribuição de luz prevista, configurada de acordo com o primeiro conjunto de comandos de controle, está para a distribuição de luz alvo desejada. Nas bases do resultado desta determinação, um novo conjunto de comandos de controle é determinado. Tal um procedimento pode ser referido como uma operação iterativa.

A diferença colorimétrica se refere a uma ou mais valores, que define uma medida de como estreitamente uma distribuição de luz prevista coincide com a distribuição de luz alvo ou desejada. A diferença colorimétrica usada deve assim sendo fornecer uma medida de como duas cores diferentes são percebidas pelo olho humano. O termo “diferença colorimétrica”, por conseguinte, pressupõe um cálculo de uma diferença de cor e / ou uma

diferença em temperatura de cor correlacionada.

Uma diferença de cor entre dois pontos pode ser calculada de acordo com equações padrões conhecidas para aquele qualificado na técnica e adequada para determinar a diferença colorimétrica entre dois pontos, por exemplo CIE 94, BFD, AP, CMC ou CIEDE 2000, dos quais a equação de CIEDE 2000 equação é especialmente preferida. Quando as imagens são usadas para descrever distribuições de luz, filtragem adicional ou outro processamento pode ser aplicado às distribuições de luz antes da determinação da diferença colorimétrica, como será explicada em detalhes abaixo.

A partir da diferença de cor calculada e / ou diferença em temperatura de cor correlacionada, que é preferencialmente efetuada sobre uma pluralidade de localizações, é possível calcular um critério geral para a diferença colorimétrica.

Uma vez que este critério descrevendo a diferença entre uma distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo foi determinada, é decidido nas bases do desfecho desta determinação se uma otimização adicional do conjunto de comandos de controle é necessária. Para otimizar o conjunto de comandos de controle mesmo ainda, uma pluralidade de passos de ajuste é conduzida para minimizar a diferença colorimétrica. Cada um dos passos de ajuste inclui a determinação de um novo conjunto de comandos de controle, a determinação de uma distribuição de luz prevista resultante para o novo mencionado conjunto de comandos de controle usando os dados de influência, e a determinação da diferença colorimétrica entre uma distribuição de luz prevista e a distribuição alvo. Cada passo é conduzido em uma maneira análoga para o um mencionado acima. Passos adicionais de ajuste podem ser aplicados se a diferença entre uma distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo não é suficiente.

Vários algoritmos podem ser usados para otimizar a diferença

de cor no método iterativo de acordo com a invenção. De forma geral, um método de otimização (otimização de vetor) de múltipla dimensão, múltiplo objetivo é necessário para minimizar a diferença colorimétrica. Tais métodos são por sinal só conhecidos na técnica. Métodos especialmente preferidos incluem métodos baseados em gradiente e algoritmos genéticos. Em exemplo de um método baseado em gradiente pode ser NBI (intersecção de fronteira normal), que pode ser utilizado para obter a solução mais adequada. Naturalmente, a invenção não é limitada aos métodos de otimização mencionados acima. Os critérios para a otimização podem ser, por exemplo, um critério de quadrado mínimo (i. e. minimizar a raiz quadrada da soma da diferença colorimétrica computada ao quadrado entre as distribuições de luz prevista e alvo) ou para minimizar (em um senso de Pareto) o valor médio das diferenças colorimétricas computadas e a média do valor médio daquelas diferenças colorimétricas computadas que são maiores do que o 95º valor percentil.

Os dados de influência podem ser obtidos a partir de um passo de detecção, um banco de dados adequado, ou entrada manual. É especialmente preferido que os dados de influência sejam obtidos a partir de pelo menos um passo de detecção no qual cada uma das fontes de luz é operada de acordo com uma pluralidade de valores de parâmetros e o impacto de cada parâmetro sobre a uma ou mais seções do ambiente iluminado é detectado. Em cada passo de detecção, um conjunto de dados fotométricos é obtido que representa o impacto do um ou mais parâmetros das respectivas fontes de luz.

Nos passos de detecção mencionados acima, detectores adequados podem ser usados para a configuração inicial do sistema de iluminação. Eles não são usados para operação adicional.

De acordo com um segundo aspecto da invenção, um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação é

determinada por meio de uma rede neural. A rede neural é treinada com o uso dos dados de influência obtidos, por exemplo, como explicado acima. Dentro do segundo aspecto, um procedimento iterativo como descrito acima não é necessário, que fornece uma determinação muito rápida de um conjunto de comandos de controle. Por outro lado, nenhuma validação do conjunto determinado de comandos de controle é conduzida.

Por conseguinte, para obter as vantagens de ambos o primeiro e o segundo aspecto da invenção, o método de acordo com o segundo aspecto da invenção pode também ser utilizado para determinar o primeiro conjunto de comandos de controle através do método de acordo com o primeiro aspecto da invenção como descrito acima. Neste caso, esta otimização pode ser, de forma significativa, mais rápida do que dentro dos passos de ajuste, já que o primeiro conjunto de comandos de controle, determinado de acordo com o segundo aspecto da invenção, pode já fornecer uma distribuição de luz que é bem próxima da distribuição de luz desejada.

A rede neural pode ser, por exemplo, uma rede neural artificial (ANN), onde os dados de influência são usados como conjunto de treinamento, e o conjunto de comandos de controle constitui a saída da ANN. Neste caso, a ANN é treinada para traduzir um conjunto de comandos de controle em uma distribuição de luz prevista. Os dados de influência são usados para gerar neurônios de entrada.

É preferido que a distribuição de luz alvo compreenda condições de fronteira para os parâmetros de uma ou mais unidades de iluminação do sistema de iluminação. As condições de fronteira compreendem pelo menos um ou mais de: consumo máximo de potência permitida, valor médio mínimo da luminosidade, eficácia de luminosidade requerida mínima, um conjunto de valores possíveis para cada intervalo médio de parâmetro (e. g. o número de passos em termos discretos por canal, tal como 8-bit ou simplesmente ligado - desligado) do índice de representação

de cor (CRI), valores de fronteira para a temperatura de cor correlacionada (CCT) ou índice de harmonia de cor mínimo (HRI), embora a invenção não seja limitada a isso. Incluído em uma distribuição de luz alvo, essas condições de fronteira são para serem consideradas na determinação do conjunto adequado de comandos de controle. Alternativamente, dentro do primeiro aspecto da invenção, qualquer otimização de vetor pode englobar consumo de potência e eficácia de luminosidade como padrões de desempenho em vez de condições de fronteiras.

Em uma modalidade preferida da invenção, a determinação da diferença colorimétrica compreende a transformação de uma distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo para um espaço de cor percentualmente uniforme. Esta modalidade preferida fornece que as diferenças colorimétricas calculadas são independentes da cor absoluta dos pontos comparados. Este espaço de cor percentualmente uniforme pode ser não linear, tal como CIELAB ou outros espaços de cor aplicáveis. Em uma modalidade preferida, uma transformação em um espaço de cor linear é afetada. Isto torna possível uma vantajosa adição direta dos valores de três estímulos das fontes de luz relevantes para obter um conjunto de comandos de controle que coincide com uma distribuição de luz alvo. Exemplos de espaços de cor adequados incluem RGB, RGBE, e CIE XYZ linear. O uso de um espaço de cor linear é especialmente vantajoso na determinação uma distribuição de luz prevista através da inversão de matriz explicada acima. Influências pelas fontes de luz não do sistema também podem ser consideradas se um espaço de cor linear é usado.

É preferido que a distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo são filtrados por meio de uma função de filtro espacial antes de uma determinação da diferença colorimétrica. O uso de um filtro espacial, de forma vantajosa, aprimora a determinação de uma diferença colorimétrica entre a distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo. Já que uma

diferença colorimétrica é para ser determinada tão estreitamente quanto possível para uma diferença nas distribuições de luz como percebidos pelo olho humano, aqueles componentes de imagem que não podem ser vistos pelo olho humano são removidos, ao passo que aqueles mais representativos são

5 melhorados. É especialmente preferido que o filtro espacial se assemelha à função de sensibilidade de contraste (CSF) da visão humana. Detalhes da CSF podem ser encontrados em G.M. Johnson e M.D. Fairchild, “A top down description of S-CIELAB e CIEDE2000 ”, Color Research and Application, 28(6):425-435, Dezembro 2003.

10 Filtros adicionais podem ser adicionados à ou substituir o filtro mencionado acima antes de uma determinação da diferença colorimétrica, por exemplo um filtro que se assemelha ao modelo de diferença visual de cor (CVDM) como explicado em E.W. Jin, X.F. Feng e J. Newell “ The development of a colour visual difference model (CVDM) ”, IS&Ts 1998

15 Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conf., páginas 154-158,1998).

Para aplicar o filtro espacial, as distribuições de luz são preferencialmente transformados em um espaço de cor oponente caracterizando uma intensidade de luminosidade e duas dimensões de

20 intensidade de cromo.

Quando descrevendo uma distribuição de luz em termos de um conjunto de dados fotométricos, a diferença colorimétrica pode ser facilmente determinada comparando todos os pontos de dados da distribuição de luz. Esta abordagem pode levar a um tempo longo de computação e assim sendo

25 pode ser ineficiente.

Para evitar altos esforços computacionais, pode ser vantajoso aplicar um passo de processamento de segmentação antes da determinação da diferença colorimétrica. Por conseguinte, é preferido conduzir a segmentação antes da determinação da diferença colorimétrica. A segmentação

compreende a determinação de valores representativos da distribuição de luz
alvo e / ou da distribuição de luz prevista, que é característica das seções
associadas do ambiente a serem iluminadas ou da respectiva distribuição de
luz. A determinação da diferença colorimétrica entre a distribuição de luz
5 prevista e a distribuição de luz alvo é então limitada aos valores
representativos, assim sendo reduzindo o tempo de computação.

O benefício claro associado com este passo de segmentação é
a redução do número de pontos de dados para os quais a diferença de cor tem
de ser determinada. Ambas distribuições de luz, a distribuição de luz prevista
10 e a distribuição de luz alvo, podem ser segmentadas, mas é suficiente para
segmentar somente um das distribuições de luz, enquanto um mapeamento
definido a partir de um valor de pixel da primeira distribuição de luz para a
outra uma é assegurado.

Em uma modalidade preferida de um método de segmentação,
15 a distribuição de luz é dividida em regiões menores, por exemplo, usando uma
grade retangular regular. Então um número de pixéis de forma colorimétrica
característicos sé identificado para cada região secundária da grade.

Em uma modalidade adicional de um método de uma
segmentação, a distribuição de luz é segmentada nas bases da distribuição de
20 cor dentro da respectiva distribuição de luz. Aqui, a distribuição de luz é
segmentada nas seções que mostram uma certa homogeneidade de cor. Para
essas seções, um ou mais valores representativos são escolhidos,
representando a certa cor mencionada.

Em uma outra modalidade preferida de um método de
25 segmentação, a distribuição de luz é segmentada nas bases das seções do
ambiente iluminado que são caracterizadas pelo impacto de uma certa fonte
de luz.

Naturalmente, uma combinação dos métodos de segmentação
acima é também possível. Os métodos de segmentação descritos acima devem

ser cuidadosamente escolhidos, dependendo da respectiva aplicação, já que cada segmentação conduz a uma redução inerente de informação que pode levar a uma perda de qualidade do conjunto de comandos de controle que aciona uma distribuição de luz alvo.

5 Em um sistema para controlar um sistema de iluminação compreendendo uma ou mais unidades de iluminação controláveis, conectado a meios de controle, os meios de controle são designados para obter dados de influência do sistema de iluminação que representam o efeito de uma ou mais das mencionadas fontes de luz sobre a iluminação de uma ou mais seções da
10 área iluminada. Os meios de controle são ainda designados para determinar um primeiro conjunto de comandos de controle, para determinar uma distribuição de luz prevista para o primeiro conjunto mencionado de comandos de controle, a partir dos mencionados dados de influência, para determinar a diferença colorimétrica entre a distribuição de luz prevista e a
15 mencionada distribuição de luz alvos, e para aplicar uma pluralidade de passos de ajuste para o conjunto mencionado de comandos de controle de modo a minimizar a mencionada diferença colorimétrica. Um novo conjunto de comandos de controle é determinada, uma distribuição de luz prevista para o novo conjunto mencionado de comandos de controle é determinada a partir
20 dos mencionados dados de influência, e a mencionada diferença colorimétrica é determinada em cada passo.

 Para controlar cada parâmetro da respectiva unidade de iluminação, as unidades de iluminação são conectadas aos meios de controle. O termo “ conectado ” no contexto da presente invenção é entendido para
25 incluir todos os tipos adequados de conexões de controle, ou sem fio ou com fio, que torna possível configurar os parâmetros controláveis da respectiva unidade de iluminação. A conexão de controle pode ser formada, por exemplo, através de um relé controlável simples. Preferencialmente, uma conexão de controle elétrica é usada, por exemplo, uma conexão com fio

DMX (USITT DMX512, USITT DMX512/1990) ou uma conexão de LAN. Mais preferencialmente, uma conexão de controle sem fio é usada, que, de forma vantajosa, reduz o tempo de instalação. A conexão de controle sem fio pode ser estabelecida, por exemplo, usando tecnologia de ZigBee (IEEE 802.15.4), WLAN (IEEE 802.11 b/g), Bluetooth, ou RFID, que estão comercialmente disponíveis.

Os meios de controle podem ser quaisquer tipos de circuito elétrico ou eletrônico adequados. Por exemplo, os meios de controle podem ser, um circuito lógico, uma unidade de microprocessador, ou um computador. Os meios de controle implementam o método para obter um conjunto de comandos de controle como descrito acima.

Os dados de influência podem ser obtidos a partir de meios de banco de dados ou de entrada manual. É preferido que o sistema ainda compreenda os meios de detecção conectados aos meios de controle através de uma conexão adequada, como mencionado acima. Os meios de detecção obtêm os dados de influência a partir do sistema de iluminação através da operação de cada fonte de luz de acordo com uma pluralidade de valores de parâmetro em um ou mais passos de detecção. O impacto de cada parâmetro sobre uma ou mais seções do ambiente iluminado é detectado. Em cada passo de detecção, um conjunto de dados fotométricos é obtido, que representam o impacto do um ou mais parâmetros das respectivas fontes de luz.

Os meios de detecção podem compreender um sensor adequado, por exemplo, um sensor de CCD. Os meios de detecção devem ser capazes para detectar o efeito das fontes de luz sobre suas posição. Quaisquer dos parâmetros deste efeito acima podem ser medidos pelo sensor. Por exemplo, o sensor de CCD pode simplesmente medir a intensidade. Dependendo dos filtros colocados no CCD, o sensor pode medir RGB, RGBE, ou outras cores. Se o CCD está equipado com filtros de banda estreita, pode também realizar medidas quase espectrais.

Dependendo do tamanho da sala onde tal um sistema de programação é aplicado, os meios de detecção preferencialmente compreendem mais do que um sensor para obter uma grande área global de monitoração. Naturalmente, as posições dos meios de detecção no respectivo ambiente devem ser mantidas constantes durante a operação do sistema de iluminação.

A invenção será explicada em detalhes abaixo com referência às figuras, nos quais

fig. 1 mostra uma modalidade de um sistema para controlar um sistema de iluminação, instalado em uma sala;

fig. 2 mostra uma primeira modalidade em um diagrama esquemático de um método, de acordo com um primeiro aspecto da invenção;

fig. 3 mostra um diagrama detalhado do passo de determinação da diferença colorimétrica de acordo com a modalidade mostrada na fig.2;

fig. 4 mostra um diagrama esquemático dos passos de um método de acordo com uma modalidade da invenção usando uma rede neural.

Fig. 1 mostra uma modalidade de um sistema para controlar um sistema de iluminação de acordo com a invenção. O sistema compreende várias fontes de luz 3a, 3b, que são arrumadas para iluminar as seções 5 da sala. Enquanto as fontes de luz 3a, colocadas no teto da sala, são principalmente usadas para iluminar a sala, as fontes de luz 3b são arrumadas para efeitos de iluminação especial, i. e. iluminação arquitetural. As fontes de luz 3a, 3b são conectadas a uma unidade de interface e controle (CUI) 1 através de conexões de DMX 512. A CUI 1 é fornecida para interação com o usuário. A CUI 1 compreende um mostrador com uma interface gráfica, que permite ao usuário entrar uma distribuição de luz alvo desejada que é para ser aplicada à sala através das fontes de luz 3a, 3b. A CUI 1 ainda compreende uma unidade de processador que determina comandos de controle adequados correspondendo a uma distribuição de luz alvo para uma configuração e

também controla o sistema.

O sistema compreende uma câmera de CCD 2 para obter dados de influência que refletem o impacto de cada parâmetro sobre a uma ou mais seções 5 da sala. A câmera de CCD 2 observa a sala completa, como indicado pelas linhas tracejadas na Fig. 1. Câmeras 2 adicionais podem ser usadas para obter dados de influência a partir de diferentes pontos de vista, especialmente em grandes salas. Outros sensores 4 podem ser usados, tal como sensores de luz de dia ou de luz difundida, para compensar para qualquer efeito sobre a distribuição de luz alvo desejada.

Um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação é determinado nas bases de uma otimização a fim de obter a distribuição de luz alvo desejada de acordo com um primeiro aspecto da invenção.

Fig. 2 mostra a seqüência de operações de uma primeira modalidade de acordo com um primeiro aspecto da invenção. Inicialmente, o usuário define a distribuição de luz alvo desejada 21, por exemplo usando a interface gráfica da CUI 1 mostrado na Fig. 1. Alternativamente é possível obter a distribuição de luz alvo 21, por exemplo, a partir de um banco de dados.

No passo 22, os dados de influência do sistema de iluminação são obtidos, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das mencionadas fontes de luz sobre a iluminação de uma ou mais seções de um ambiente iluminado. Tendo os dados de influência, é possível formar um modelo do sistema de iluminação e para determinar o efeito de um conjunto de comandos de controle.

Para obter os dados de influência, um método exemplar pode incluir que uma imagem da sala é tomada com todas as fontes de luz estando desligadas. Como explicado acima, a imagem pode ser tomada através de um sensor de CCD 2, sensor de foto, etc. Então uma unidade de iluminação

específica é comutada, operado de acordo com uma configuração definida, e uma imagem adicional é tomada. O impacto da fonte de luz específica pode então ser determinada a partir de uma comparação entre as duas imagens (antes / depois), e um conjunto de dados fotométricos é gerado. Tal um método heurístico vai ter de ser aplicada a todas as fontes de luz no sistema de iluminação e para cada configuração de parâmetro de cada respectiva fonte de luz. Cada conjunto de dados fotométricos então representa uma configuração específica, i. e. um conjunto de valores para os parâmetros controláveis para cada fonte de luz, por exemplo cor, nível de escurecimento, padrão de luz, etc. Para permitir uma adição da luz das fontes de luz diferentes, os dados de influência precisam ser determinadas em um espaço de cor linear, por exemplo sRGB linear. Alternativamente, é possível obter os dados de influência a partir de um banco de dados ou a partir de uma entrada manual pelo usuário.

No passo 23, um primeiro conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação é gerado, com base em uma distribuição de luz alvo. O primeiro conjunto de comandos de controle pode ser considerado como um “ primeiro acerto ” para controlar o sistema de iluminação, como mencionado acima. O primeiro conjunto de comandos de controle pode ser escolhido, por exemplo, a partir de um banco de dados no qual algumas distribuições de luz padrões são armazenadas. Neste caso a distribuição de luz do banco de dados é escolhida, a qual é próxima da distribuição de luz alvo. O primeiro conjunto de comandos de controle pode ainda ser determinado pelo método de acordo com um segundo aspecto da invenção como explicado abaixo. Naturalmente, a invenção não é limitada a isso.

Tendo os dados de influência, é possível determinar uma distribuição de luz prevista para o primeiro mencionado conjunto de comandos de controle. Isto é feito no passo 24.

Geralmente, a maioria das distribuições de luz alvo implica em uma mistura de luz das respectivas fontes de luz em um sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz.

De acordo com a próxima linearidade da percepção de cor pelo ser humano, resumidas pelas leis de Grasmann de mistura de cor aditiva para espaços de cor lineares, a cor resultante a partir de várias combinações de fontes de luz coloridas podem ser previstas como a soma dos valores de três estímulos das respectivas fontes de luz tomadas separadamente.

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

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

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

onde K_m se refere ao valor de três estímulos no respectivo espaço de cor linear,

x, y são coordenadas do ponto de dados, e i se refere à i -ésima fonte de luz do sistema de iluminação.

Assim sendo, é possível calcular o impacto de múltiplas fontes de luz sobre as seções da sala iluminada somando os valores de três estímulos de cada fonte de luz. Conseqüentemente, quando obtendo a informação sobre o impacto de cada parâmetro das fontes de luz sobre a sala iluminada, é possível determinar uma distribuição que vai ser aplicada quando múltiplas unidade de iluminação são operadas, de forma simultânea, (i. e. prognosticar o que ela vai ser).

No passo de calibração, um vetor ou matriz I_k é determinada mantendo o k -ésima medida fotométrica / imagem básica resultante a partir deste passo de calibração. Uma filtragem espacial (CVDM ou S-CIELAB) é aplicada ao I_k . I_k é expressa em um espaço de cor independente do dispositivo. Tais fotografias digitais são normalmente armazenadas como $X_r \times Y_r \times 3$ matrizes mantendo os valores de N_b -bit (onde N_b é a profundidade

de cor).

De acordo com a Lei de Grassman, uma distribuição de luz prevista pode ser computada com a expressão

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

Então, uma distribuição de luz prevista é transformada a partir de um espaço de cor independente do dispositivo de luz linear para o espaço de cor de CIE Lab de acordo com

$$\tilde{J} = \text{dev indep } T^{\text{CIE Lab}}\{\tilde{I}\}$$

O mesmo é feito com a distribuição de luz alvo

$$J_{\text{target}} = \text{dev indep } T^{\text{CIE Lab}}\{J_{\text{target}}\}$$

No passo seguinte 25, a diferença colorimétrica é calculada entre a distribuição de luz alvo 21 e a distribuição de luz prevista como determinada no passo 24. Os detalhes do passo 25 são explicados abaixo.

Se a diferença colorimétrica calculada no passo 25 é suficientemente pequena, o método termina. Uma distribuição de luz prevista pode então ser aplicada a um sistema de iluminação no passo 26.

Se a diferença colorimétrica é bastante grande, otimização adicional é realizada. Os valores para os parâmetros controláveis são então ajustados em um passo de ajuste 27, e os passos acima são repetidos. O “laço iterativo” assim formado é continuado até a diferença colorimétrica ser suficientemente baixa ou não pode ser ainda reduzida.

Como mencionado acima, um método de otimização de dimensões múltiplas (otimização de vetor) é de forma geral, conduzido para minimizar a diferença colorimétrica. Em um primeiro exemplo, um método baseado em gradiente com um critério de quadrado mínimo é utilizado para obter um conjunto adequado de comandos de controle. Tais métodos são conhecidos por si só para aquele qualificado na técnica. Uma abordagem

possível é descrita, por exemplo, em: Lawson, CL. e R.J. Hanson, Solving Least Squares Problems, Prentice-Hall, 1974, Chapter 23, p. 161. Como será ainda explicado, a otimização pode adicionalmente ser de objetivo múltiplo, i. e. destinado à otimização não somente da diferença colorimétrica como um único critério, mas também outros critérios tal como consumo de potência minimizada, eficácia de luminosidade maximizada, etc.

Como mencionado acima, as distribuições de luz podem ser representadas por vetores numéricos. Esses vetores podem ser formados pelos valores de três estímulos dos respectivos pontos na sala na qual o sistema de iluminação está instalado. Por exemplo, o sensor de CCD 2 mostrado na fig. 1 pode formar uma imagem de pixéis, onde cada pixel representa um respectivo ponto.

Quando determinando a diferença colorimétrica, a distribuição de luz alvo e a distribuição de luz prevista são comparadas. Isto é alcançado comparando os respectivos pontos de dados das duas distribuições de luz em termos de diferença de cor. Para este propósito, as duas distribuições de luz devem coincidir, i. e. um ponto de dados na distribuição de luz alvo e na distribuição de luz prevista deve se referir ao mesmo ponto “ real ” na sala. Por exemplo, se ambas as distribuições de luz são formadas por imagens, as imagens devem ser tomadas a partir do mesmo angulo de visão e com a mesma resolução de pixel. Se as duas distribuições de luz não coincidem, um mapeamento é necessário.

A diferença de cor pode ser calculada para cada ponto de dados usando, por exemplo, uma das seguintes equações: CIEDE 2000, CIE94, BFD, AP ou CMC. Para determinar a diferença colorimétrica da distribuição de luz por toda a parte, o valor médio da diferença de cor de todos os pontos de dados é calculado. Uma descrição técnica das equações de S-CIELAB e de CIEDE 2000 pode ser encontrada nos seguintes documentos: G.M. Johnson e M.D. Fairchild, “ A top down description of S-CIELAB e

CIEDE2000 ”, Color Research and Application, 28(6):425-435, Dezembro de 2003; G. Sharma, M.J. Vrhel e H.J. Trussel, “Color imaging for multimedia”, Procedimentos do IEEE 86(6): 1088-1108, Junho de 1998; M.C. Stone, “Representing colors as three numbers”, Aplicações e Gráficos de
 5 computador do IEEE, 25(4):78-85, Julho à Agosto de 2005.

Para obter resultados adequados quando calculando a diferença colorimétrica, passo 25 pode incluir vários passos de pré-processamento mostrados na fig. 3. Esse pré-processamento tem de ser aplicado à ambas as distribuições de luz. Primeiro, as distribuições de luz são transformadas em
 10 um espaço de cor independente do dispositivo no passo 31 para alcançar comparabilidade entre as duas distribuições de luz. O espaço de cor independente do dispositivo pode ser escolhido entre sRGB, LMS, e CIE XYZ.

Então, no passo 32, as duas distribuições de luz são transformadas em um espaço de cor oponente caracterizando uma intensidade
 15 de luminosidade e duas dimensões de intensidade de cromo.

Antes disto, as distribuições de luz são individualmente filtradas no passo 33, para que os filtros espaciais são usados os quais se assemelham a função de sensibilidade de contraste (CSF) da visão humana.
 20 Aqui, componentes das distribuições de luz que não podem ser vistos pelo olho humano são removidos e aqueles mais representativos são aprimorados. Esses componentes podem ser, por exemplo, cores específicas. Este pré-processamento espacial permite a determinação subsequente de diferença colorimétrica dar conta de estímulo de cor complexo e sensibilidade humana
 25 espacial e de cor.

Alternativamente ou adicionalmente para um passo de filtragem usando a função de sensibilidade de contraste, alguém pode usar o modelo de diferença visual de cor (CVDM) para filtrar as distribuições de luz. O CVDM é descrito em detalhes em X.F. Feng e S. Daly “ Vision-based

strategy to reduce the perceived colour misregistration of image-capturing device ”, Procedimento do IEEE, 90(1):18-27, Janeiro de 2002.

As distribuições de luz filtradas são então transformadas no espaço de cor de CIELAB no passo 34. Este espaço de cor é um espaço de cor mais uniforme do que o anterior, i. e. de forma similar, diferenças percebidas na aparência das distribuições de luz conduzem, de forma similar, à magnitudes computadas de diferença colorimétrica, assim sendo fornecendo uma melhor coincidência com as diferenças de cor como vistas através de um olho humano.

Após a transformação, as distribuições de luz são segmentadas no passo 35. Como mencionado acima, a segmentação compreende uma determinação de valores representativos da distribuição de luz alvo e / ou da distribuição de luz prevista. Os valores representativos são características de seções associadas da respectiva distribuição de luz.

Em um método de segmentação exemplar, a distribuição de luz é dividida em regiões menores, por exemplo usando uma grade retangular regular. Por exemplo, a distribuição de luz é dividida em seções 5, conforme explicado com referência à fig. 1. Então a número de pontos de dados representativos de forma colorimétrica são identificados para cada região secundária da grade. Os pontos de dados de cada seção são combinados em aglomerações para este propósito. A escolha dos componentes pode ser os valores de três estímulos dos pontos de dados, por exemplo, os valores de RGB ou alternativamente qualquer outro conjunto de três métricas de cor tal como, por exemplo, os valores das coordenadas X, Y, e Z em um espaço de cor de CIE XYZ, ou ainda outras magnitudes colorimétricas tal como leveza, cromo e saturação de métrica de psique, etc.

Muitos métodos alternativos são conhecidos na técnica de efetuar o passo de aglomeração mencionado acima. Por exemplo, algoritmo de Lloyd, Fuzzy c-média de Fuzzy, ou gás neural podem ser aplicados como

passos de aglomeração. Uma vez que um sensato baixo número de aglomerações tem sido identificado, um ponto de dados representativo deve ser escolhido para cada aglomeração, por exemplo, um dos pontos de dados avaliado nos componentes colorimétricos e de localização que estão mais próximos, em termos de distância Euclidiana, para o centro da aglomeração que ele pertence. Alternativamente, tal um ponto de dados representativo pode ser um membro escolhido, de forma aleatória, da aglomeração. O benefício claro associado com este passo de segmentação é a redução do número de pontos de dados para os quais a diferença de cor tem de ser determinada.

Ambas as distribuições de luz, a distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo, podem ser segmentadas, mas é suficiente segmentar somente uma das distribuições de luz, enquanto um mapeamento definido a partir de um ponto de dados da primeira distribuição de luz para um outro é assegurado.

Subseqüente à segmentação, a diferença de cor entre os respectivos pontos de dados das distribuições de luz é determinada no passo 36.

A matriz (vetor) de diferenças de cor entre a distribuições de luz prevista e pretendida é computada (por pixel) de acordo com CMC, CIE 94, CIE DE2000 ou o similar

$$\Delta I = \text{diferença de cor } (\vec{J}, \vec{J}_{\text{alvo}}) = [\delta i_i].$$

A partir deste vetor de diferença de cor, um critério é então calculado servindo como uma media de quão estreitamente a distribuição de cor prevista é percebida para ficar com relação à distribuição alvo.

Há vários possíveis caminhos para calcular tal um critério. Em uma abordagem simples, um valor médio das diferenças de cor sobre todos os pontos de dados pode ser determinado no passo 37. Este único critério pode então ser otimizado em um método de otimização de objetivo simples e de múltiplas dimensões.

Contudo, é preferido calcular o critério no melhor caminho adequado usando uma função ponderada. Esta função ponderada w_{ij} tem um fator de ponderação para cada localização i, j tal algumas localizações pode ser enfatizadas (maior w) ou a influência de algumas localizações poderia ser limitada (pequeno w), ou mesmo eliminada ($w = 0$). É ainda preferido usar não apenas um critério, mas calcular mais e então usar um método de otimização de objetivo simples e de múltiplas dimensões.

O problema matemático a ser resolvido pode ser descrito por um par de funções objetivas. No presente exemplo, o primeiro critério (função objetiva) é o valor médio das diferenças de cor entre as duas distribuições de luz (ponto de medida ponderada, possivelmente dependente da relevância da área). O segundo critério (função objetiva) é definido como a média dos mesmos valores, que são maiores do que ou igual à 95º percentil dos valores de diferença de cor na matriz:

$$\min_{\{a_k\}} \left[\begin{array}{c} \text{média}(w_{i,j} \delta i_{i,j}) \\ \text{média}(w_{i,j} \delta i_{i,j} > \delta i_{95}) \end{array} \right]$$

O objetivo da otimização é computar a composição que minimiza ambos esses critérios no senso de Pareto.

A otimização de múltiplos objetivos e múltiplas dimensões e de objetivo simples e múltiplas dimensões podem ambas serem resolvidas através de algoritmos genéricos ou método de NBI (Interseção de Fronteiras Normal) conhecidos por aqueles qualificados na técnica.

Em uma modalidade alternativa, os critérios para diferença colorimétrica podem ainda incluir a temperatura de cor correlacionada. No seguinte exemplo, uma distribuição alvo expressa em termos de temperatura de cor correlacionada (CCT) é pretendida para ser representada / exibida na / sobre uma certa superfície de trabalho em adição a uma distribuição de luz alvo em termos de intensidade de luminosidade e intensidade de cromo.

$$T_{\text{alvo}} = [\tau_{i,j_0}]$$

A CCT pode ser diretamente avaliada a partir de uma imagem ou a partir de medidas fotométricas / colorimétricas por meio do assim chamado método de Robertson (Robertson A. R. Journal on Optics Society of America, 58, páginas 1528-1535; G.Wyszecki W.S. Stiles Colour Science Concepts e Métodos, Quantitative Data and Formulae, 2nd edition, Wiley-Interscience, 1982) ou outras formulações alternativas (A. Borbely, A. Samson, J. Schanda. O conceito de temperatura de cor correlacionada revisto, Color Research & Application. Volume 26, Issue 6 , Pages 450 - 457, 2001; K. Wnu- kowicz, W. Skarbek Colour temperature estimation algorithm for digital images – properties and convergence, Opto-Electronics Review, 11(3), páginas 193-196, 2003).

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

O CCT is estimado por pixel, de forma similar a maneira descrita acima para a diferença colorimétrica, tal que a matriz (vetor) de diferenças Euclidianas entre os CCT previstos resulta da combinação linear prevista das medidas fotométricas / e baseadas em imagem.

$$\Delta T = [(\tilde{\tau}_{i,j} - \tau_{i,j_0})^2] = [\delta \tau_{i,j}]$$

e o problema pode ser aproximadamente resolvido com

$$\min_{\{\alpha_k\}} \left[\begin{array}{c} \text{média}(w_{i,j} \delta i_{i,j}) \\ \text{média}(w_{i,j} \delta i_{i,j} > \delta i_{95}) \\ \sqrt{\sum_i \sum_j \delta \tau_{i,j}} \end{array} \right]$$

Determinar um conjunto de comandos de controle baseado na otimização para controlar o sistema de iluminação a fim de obter a distribuição de luz alvo de acordo com um segundo aspecto da invenção.

Um segundo aspecto da invenção trata como encontrar um

conjunto adequado de comandos de controle sem qualquer otimização iterativa do conjunto de comandos de controle. Isto é alcançado usando uma rede neural artificial (ANN).

Aqui, os dados de influência são usados como conjuntos de treinamento, e o conjunto de comandos de controle é uma saída da ANN. A ANN é assim sendo treinada para traduzir um conjunto de comandos de controle em uma distribuição de luz prevista. Os dados de influência são usados para gerar neurônios de entrada. Os dados de influência podem ser escritos como uma matriz numérica. Usando o método explicado acima para obter os dados de influência, a relação entre um conjunto de comandos de controle, ou matematicamente, um vetor de controle c , e a distribuição de luz prevista associada, que é obtida quando operando o sistema de iluminação com o conjunto de comandos de controle i , pode ser escritos como

$$i \approx Jc$$

onde J é a matriz de influência. A equação acima, de forma geral, vai ser mais do que uma estimativa do que uma equação exata, daí o sinal “ aproximadamente igual ”. Usando o método de detecção exemplar explicado acima, vetores de controle C exemplares podem ser descritos como $[1 \ 0 \ 0 \dots \ 0]^T$, $[0 \ 1 \ 0 \dots \ 0]^T$, ..., $[0 \ 0 \ 0 \dots 1]^T$. O falso inverso da matriz de influência J^+ pode ser pensado como um modelo possível para o impacto entre o conjunto de comandos de controle e o impacto no ambiente iluminado. Quando a matriz é invertida, a equação pode ser escrita como

$$c \approx J^+ i$$

Assim sendo a distribuição de luz alvo pode ser substituída na equação acima como o vetor i , e um vetor de controle c , i. e. um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação de acordo com a distribuição de luz alvo desejada, pode ser determinado através da ANN.

Embora a abordagem explicada acima pode não tornar possível obter uma matematicamente, solução exata, a ANN pode usar a

abordagem para determinar uma distribuição prevista de luz alvo com base nos dados de influência.

No presente exemplo, a relação entre os controles de luz e seus efeitos é assumida ser substancialmente linear. Uma arquitetura de Neurônios Lineares Múltiplos Adaptativos simples (MADALINE) pode conseqüentemente ser assumida. Uma ANN construída de acordo com esta arquitetura é então treinada usando o conceito de treinamento supervisionado. Os dados de treinamento requerido para este conceito são pares de conhecidas entrada e saídas do sistema. Isto constitui os dados de influência descritos acima.

Fig. 4 ilustra como dados de treinamento são obtidos: Dado o sistema (e. g. a sala da Fig. 1), com luzes controláveis 3a, 3b, paredes de reflexão e o dispositivo sensor 2 (câmera de CCD), um conjunto de vetores de controle (C1) pode ser aplicado ao sistema, e os efeitos são medidos (E1). Os efeitos (E1) e os vetores de controle (C1) são então usados como dados de treinamento para a ANN, que implementa o sistema de controle. Uma vez que o sistema de controle é bem treinado, ele vai gerar o vetor de controle C1 quando a entrada E1 é dada. E1 pode ser visto como um efeito alvo que é obtido aplicando C1. Dado qualquer efeito D desejado como uma entrada, o sistema de controle rapidamente vai gerar um vetor de controle.

Este vetor pode ser usado como um primeiro acerto para a otimização descrita acima. Alternativamente, a abordagem da ANN pode ser usada como uma memória que armazena configurações conhecidas, ou como um sistema de controle diferencial que gera ajustes no vetor de controle, com base nas diferenças entre um alvo desejado e um medido.

O conjunto de comandos de controle determinado de acordo com a presente modalidade pode também ser considerado como o primeiro conjunto de comandos de controle na modalidade de acordo com o primeiro aspecto da invenção, como explicado com referência à fig. 2.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar um sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz controláveis (3 a, 3b), caracterizado pelo fato de que

- dados de influência do sistema de iluminação são obtidos, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das mencionadas fontes de luz (3a, 3b) sobre a iluminação de uma ou mais seções de um ambiente iluminado,

- um primeiro conjunto de comandos de controle é determinado,

- uma distribuição de luz prevista para o primeiro mencionado conjunto de comandos de controle é determinada a partir dos mencionados dados de influência,

- diferença colorimétrica entre a mencionada distribuição de luz prevista e uma distribuição de luz alvo é determinada, e

- uma pluralidade de passos de ajuste (27) é conduzida para minimizar a mencionada diferença colorimétrica, onde em cada passo um novo conjunto de comandos de controle é determinado, uma distribuição de luz prevista para o novo conjunto de comandos de controle é determinado a partir dos mencionados dados de influência, e a mencionada diferença colorimétrica é determinada.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os mencionados dados de influência são obtidos em pelo menos um passo de detecção (22), em que cada uma das mencionadas fontes de luz é operada de acordo com uma pluralidade de valores de parâmetro, e o efeito de cada parâmetro na uma ou mais seções mencionadas do ambiente iluminado é detectado.

3. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma otimização iterativa baseada em gradiente é realizada dentro dos passos de ajuste (22).

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo fato de que uma otimização iterativa usando algoritmos genéricos é realizada dentro dos passos de ajuste (22).

5 5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o primeiro conjunto de comandos de controle é determinado a partir de uma rede neural que é treinada com o uso dos mencionados dados de influência.

10 6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que, a mencionada distribuição de luz alvo compreende condições de fronteira para os parâmetros de uma ou mais unidades de iluminação do sistema de iluminação, as mencionadas condições de fronteira compreendendo um ou mais de um consumo de potência permitido máximo, um valor médio mínimo da iluminância, uma eficácia de luminosidade requerida mínima, um conjunto de possíveis valores para cada
15 parâmetro, um intervalo médio do índice de representação de cor (CRI), ou um índice de representação de harmonia de cor mínimo (HRI).

20 7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a determinação de uma diferença colorimétrica compreende uma transformação da distribuição de luz prevista e / ou uma distribuição de luz alvo para um espaço de cor perceptivamente uniforme.

25 8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a distribuição de luz prevista e a distribuição de luz alvo são filtradas com um filtro espacial antes da determinação da diferença colorimétrica.

9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a determinação da diferença colorimétrica compreende uma segmentação anterior, a mencionada segmentação compreendendo uma determinação de valores finitos

representativos da mencionada distribuição de luz alvo e / ou da mencionada distribuição de luz prevista que são características das seções associadas do ambiente que estão para serem iluminados, e a determinação da diferença colorimétrica entre a mencionada distribuição de luz prevista e a mencionada distribuição de luz alvo é limitada aos mencionados valores finitos.

10. Método para controlar um sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz controláveis (3 a, 3b), caracterizado pelo fato de que

- dados de influência do sistema de iluminação são obtidos, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das mencionadas fontes de luz (3a, 3b) sobre a iluminação de uma ou mais seções do ambiente iluminado,

- a rede neural é treinada com o uso dos mencionados dados de influência, e

- um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação é determinado com o uso da rede neural.

11. Método para controlar um sistema de iluminação de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o conjunto de comandos de controle é armazenado em meios de banco de dados junto com a informação relacionando a mencionada distribuição de luz alvo.

12. Sistema para controlar um sistema de iluminação caracterizado pelo fato de compreender uma ou mais unidades de iluminação controláveis, conectada aos meios de controle, onde os meios de controle são designados

- para obter dados de influência do sistema de iluminação, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das mencionadas fontes de luz sobre a iluminação de uma ou mais seções da área iluminada,

- para determinar um primeiro conjunto de comandos de controle,

- para ainda determinar uma distribuição de luz prevista para o mencionado primeiro conjunto de comandos de controle a partir dos mencionados dados de influência, e

5 - para determinar uma diferença colorimétrica entre a mencionada distribuição de luz prevista e uma distribuição de luz alvo e para realizar uma pluralidade de passos de ajuste no mencionado conjunto de comandos de controle de modo a minimizar a mencionada diferença colorimétrica, onde em cada passo um novo conjunto de comandos de controle é determinado, uma distribuição de luz prevista para o novo
10 mencionado conjunto de comandos de controle é determinada a partir dos mencionados dados de influência, e a mencionada diferença colorimétrica é determinada.

13. Sistema para determinar um conjunto de comandos de controle para controlar um sistema de iluminação, caracterizado pelo fato de
15 compreender uma ou mais unidades de iluminação controláveis e meios de controle, onde os meios de controle são designados

- para obter dados de influência do sistema de iluminação, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das mencionadas fontes de luz sobre a iluminação de uma ou mais seções do ambiente iluminado,

20 - para treinar uma rede neural com o uso dos mencionados dados de influência, e

- para determinar um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação com o uso da rede neural.

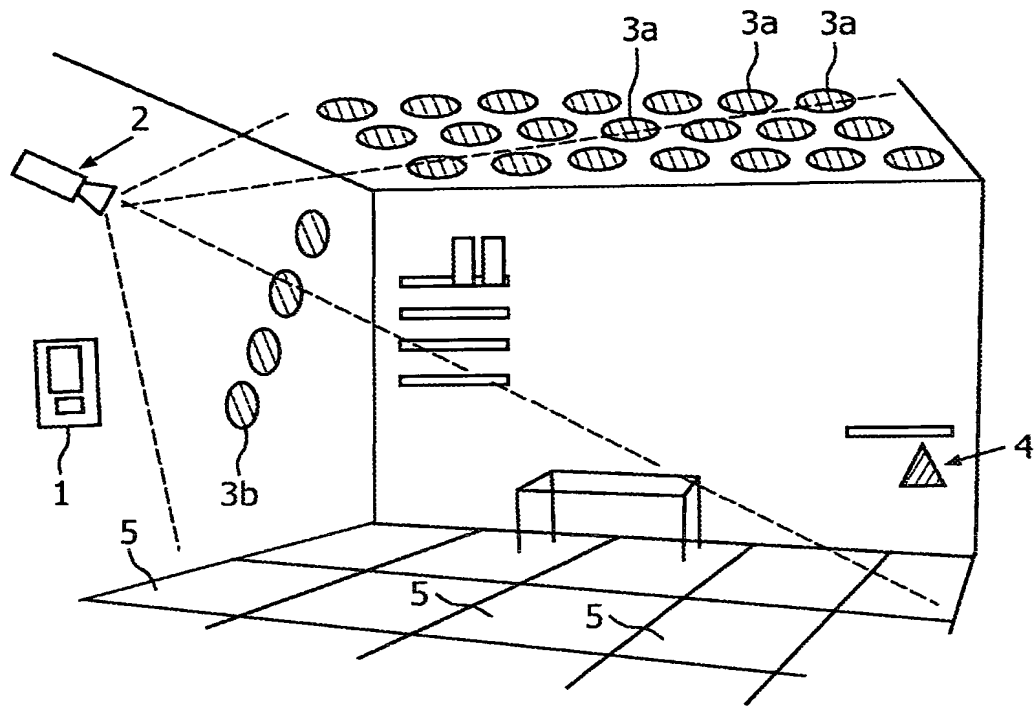


FIG. 1

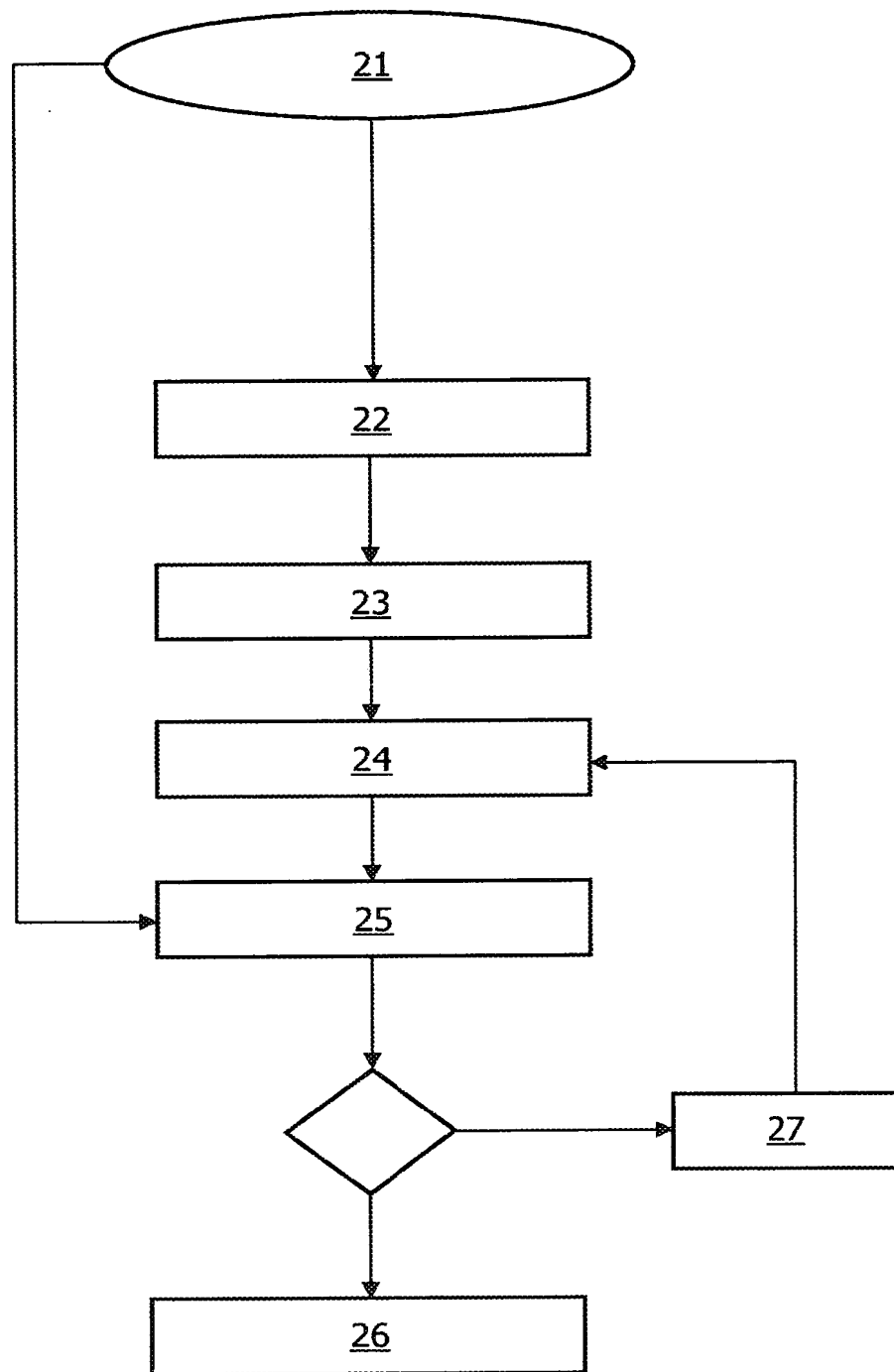


FIG. 2

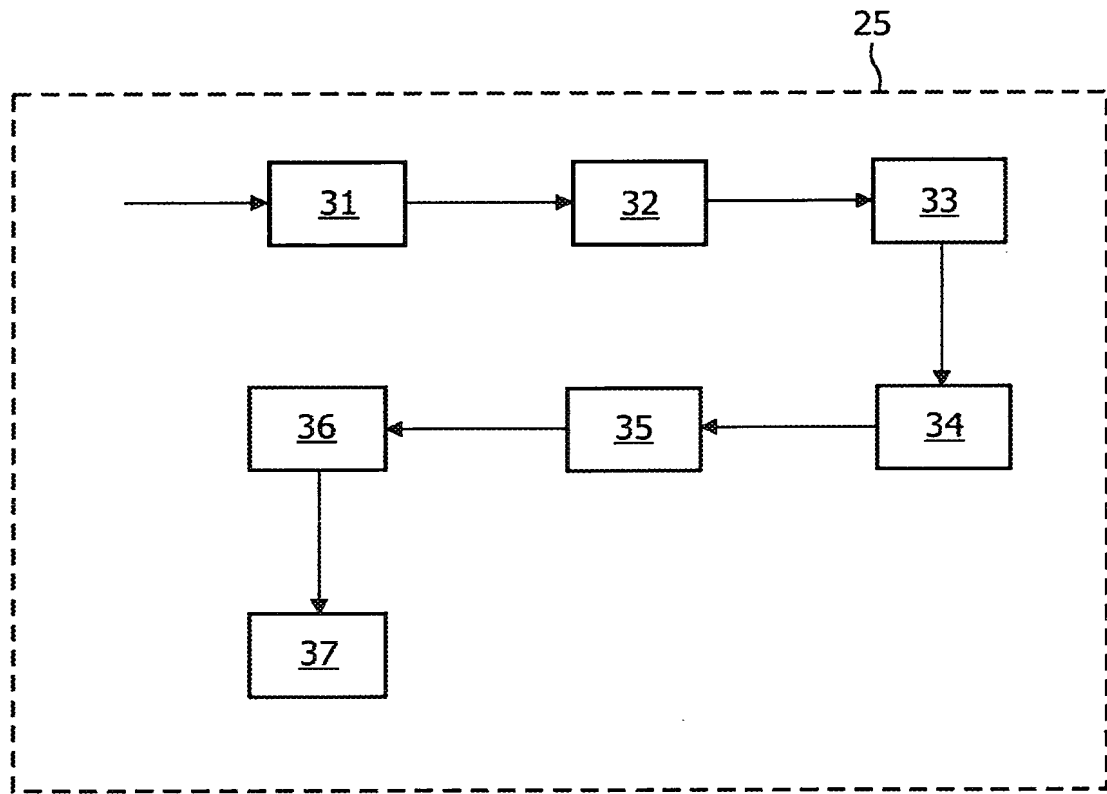


FIG. 3

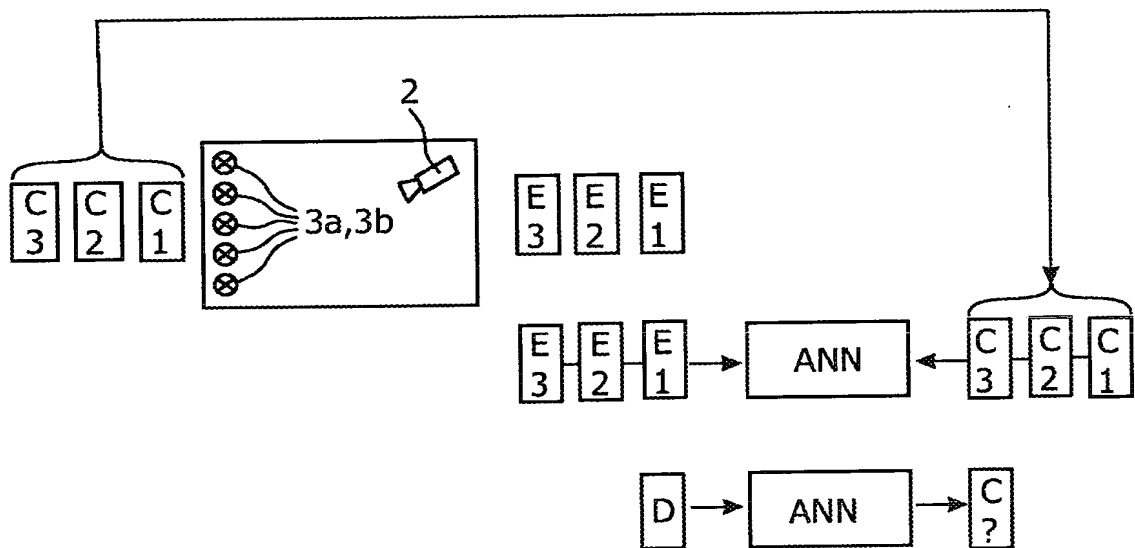


FIG. 4

RESUMO

“MÉTODO PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM MÚLTIPLAS FONTES DE LUZ CONTROLÁVEIS, E, SISTEMAS PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E PARA DETERMINAR UM CONJUNTO DE COMANDOS DE CONTROLE PARA CONTROLAR UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO”

A invenção se relaciona a um método para controlar um sistema de iluminação com múltiplas fontes de luz controláveis (3a, 3b) e um sistema para ele. De acordo com um primeiro aspecto, dados de influência do sistema de iluminação são obtidos, cujos dados representam o efeito de uma ou mais das fontes de luz (3a, 3b) na iluminação de uma ou mais seções de um ambiente iluminado. Em um método de otimização, conjuntos de comandos de controle são continuamente determinados, uma distribuição de luz prevista para esses comandos de controle é determinada a partir dos dados de influência, e uma diferença colorimétrica entre uma distribuição de luz prevista e uma distribuição de luz alvo é determinada. Uma pluralidade de passos de ajuste é efetuada para minimizar a diferença colorimétrica. De acordo com um segundo aspecto, uma rede neural é treinada com os dados de influência e um conjunto de comandos de controle para controlar o sistema de iluminação é determinado com o uso da rede neural.