República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1006570-9 B1

(22) Data do Depósito: 26/04/2010

(45) Data de Concessão: 13/10/2020

(54) Título: MÉTODO DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO, MÉTODO DE SELEÇÃO DE UM POSSÍVEL REVESTIMENTO, E, SISTEMA DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO.

(51) Int.Cl.: G06T 11/00; G01J 3/46; G01J 3/50; G01N 21/27.

(30) Prioridade Unionista: 28/04/2009 EP 09158958.0; 28/04/2009 US 61/173,342.

(73) Titular(es): AKZO NOBEL COATINGS INTERNATIONAL B.V.

(72) Inventor(es): ERIC JACOBS JAN KIRCHNER; ROELOF JOHANNES BAPTIST GOTTENBOS; ANDRÉ HALF; IVO BERNARDUS NICOLAAS VAN DER LANS.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010055523 de 26/04/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/125023 de 04/11/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/10/2011

(57) Resumo: MÉTODO DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO, MÉTODO DE SELEÇÃO DE UM POSSÍVEL REVESTIMENTO, E, SISTEMA DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO. A presente invenção refere-se a um método de exibição de imagens de um revestimento de efeito que possui propriedades de textura e coloração em um dispositivo de visor eletrônico, utilizando dados de coloração medidos e dados de textura medidos como entrada para gerar a imagem, em que a imagem texturizada é exibida com propriedades de coloração visual que são mantidas em um nível prescrito independentemente de possíveis variações das propriedades de textura.

MÉTODO DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO, MÉTODO DE SELEÇÃO DE UM POSSÍVEL REVESTIMENTO, E, SISTEMA DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO

A presente invenção refere-se a um método de exibição de imagens de revestimentos de efeito em dispositivos de visor eletrônico. A presente invenção refere-se ainda a um método de seleção de um possível revestimento coincidente e a um sistema de condução do método.

Um método do tipo mencionado acima é conhecido por meio do pedido de patente internacional nº WO 2008/121358. Esse documento descreve um sistema de exibição digital de imagens de várias cores e aparências de um artigo e sua utilização. O documento descreve ainda um sistema de exibição de imagens para seleção de um ou mais fórmulas para coincidir a coloração e a aparência de um revestimento alvo.

Os valores das coordenadas de coloração para uma cor alvo, conforme medido por colorímetros, referem-se na realidade à sua coloração na forma de média calculada sobre uma área de medição muito maior que a resolução espacial do olho humano. A não uniformidade espacial de uma amostra colorida é expressa visualmente pelas suas propriedades de textura.

A Comissão Internacional de Iluminação (CIE), que é responsável pelo desenvolvimento dos padrões internacionais de cores, reconheceu que a textura percebida pode apresentar grande impacto sobre a diferença de coloração percebida entre duas amostras. Isso é indicado no relatório técnico CIE 175: 2006, *A Framework for the Measurement of Visual Appearance*, ISBN 3 901 906 52 5, 2006, pág. 55. Uma consequência desse efeito é o fato de que, ao exibir a imagem de um revestimento de efeito, a alteração das propriedades de textura da imagem geralmente gerará uma alteração simultânea das propriedades de coloração percebidas, tal como ao sobrepor-se uma textura

sobre uma imagem colorida.

US 2008/0158239 refere-se a um dispositivo com base em processador para exibir coloração de superfície simulada ou modelada e dados de textura de superfície. O dispositivo pode ser utilizado em conjunto com espectrofotômetros, colorímetros etc. Um banco de dados de texto pode incluir informações referentes à textura de superfície e/ou padrões a serem modelados, incluindo acabamentos automotivos. O dispositivo pode ser útil para coincidir revestimentos em um ambiente de reparo de carrocerias automotivas.

US 2005/128484 refere-se a um método implementado por computador para coincidir tinta sobre veículos que utiliza um monitor de vídeo para assistir o usuário na seleção de um revestimento colorido idealmente coincidente. As características de coloração de uma cor alvo são identificadas, introduzidas e processadas para permitir uma exibição visual da cor alvo. As características de aparência de uma cor alvo, tais como textura e aspereza, podem ser identificadas em uma etapa adicional. Opções de aparência de flocos são imagens exibidas visualmente, que o usuário pode sobrepor com dados de RGB de melhor coincidência, a fim de selecionar a melhor aparência de flocos.

US 2003/0208345 refere-se à coincidência da aparência de uma amostra multicor e à simulação da aparência de uma superfície multicolorida. A reprodução da aparência da superfície multicolorida de uma amostra compreende a separação da superfície multicolorida em áreas com diferentes cores individuais, identificação da cor individual de cada área, tradução das mencionadas cores individuais em valores de coloração que correspondem aos de um banco de dados de cores que tenham sido produzidas e pesquisa no banco de dados em busca de cores que sejam coincidências próximas de cada cor na amostra multicolorida. Dados introduzidos pelo usuário

compreendem informações de componente de coloração e um ou mais dentre parâmetros de partículas, frações de área de coloração, textura, brilho e outras características de amostra de coloração que representam acabamentos revestidos com múltiplos componentes com composição conhecida que podem ser atingidos.

Métodos conhecidos de exibição de revestimentos de efeito sobre dispositivos eletrônicos de exibição envolvem a sobreposição de uma imagem texturizada que, quando analisada por si própria, possui a quantidade de textura correspondente ao valor de textura medido da amostra a ser exibida, sobre uma imagem colorida que, quando analisada por si própria, possui as propriedades de coloração correspondentes aos valores de coloração medidos da amostra a ser exibida. Esses métodos sofrem do fato de que a coloração percebida de uma imagem altera-se quando uma imagem texturizada é sobreposta sobre ela. Consequentemente, a coloração percebida da imagem gerada do revestimento de efeito afasta-se da cor real do revestimento de efeito a ser exibido.

Isso é indesejável, pois uma exibição precisa de um revestimento de efeito é muito mais fácil se as propriedades de coloração e textura da imagem exibida puderem ser fixadas independentemente.

Uma desvantagem relacionada do método conhecido é o fato de que, quando um usuário modificar as propriedades de textura de uma imagem texturizada exibida, a cor percebida também se alterará.

Além disso, quando são utilizados métodos do estado da técnica, a avaliação visual da coincidência entre duas imagens exibidas de revestimentos de efeito depende da distância entre o usuário e o dispositivo de exibição, devido ao efeito não linear da textura sobre a cor percebida da imagem.

A presente invenção busca reduzir as desvantagens descritas acima.

Consequentemente, a presente invenção fornece um método de exibição de imagens de um revestimento de efeito que possui propriedades de textura e coloração em um dispositivo de visor eletrônico, utilizando dados de coloração medidos e dados de textura medidos como entrada para gerar a imagem, em que a imagem texturizada é exibida com propriedades de coloração visual que são mantidas em um nível prescrito independentemente de possíveis variações das propriedades de textura.

O método de acordo com a presente invenção permite a exibição de imagens de revestimentos de efeito sobre dispositivos de visor eletrônico, em que a coloração percebida do revestimento de efeito não é influenciada pela textura específica.

O método descrito no presente pedido garante que as imagens exibidas mantenham as suas propriedades de coloração prescritas, independentemente dos valores das suas propriedades de textura. As propriedades de coloração prescritas referem-se a conjuntos de parâmetros que fixam a impressão de coloração visual. Exemplos bem conhecidos de conjuntos de parâmetros de coloração são as coordenadas do espaço colorido L* a* b* definidas pela Comissão Internacional de Iluminação CIE) e as coordenadas do espaço colorido L*, u*, v*, também definidas pela CIE.

Além da coloração, um filme de revestimento de efeito exibe propriedades visuais adicionais. Quando forem utilizados pigmentos de efeito, tais como pigmentos de flocos de alumínio ou pigmentos perolados, as propriedades visuais de um filme de tinta não são uniformes ao longo da superfície. Isso pode incluir fenômenos tais como aspereza, brilhos, microbrilhos, opacidade, manchas, marcas,

cintilações ou resplendor. A textura é definida a seguir como a estrutura de superfície visível no plano do filme de tinta, dependendo do tamanho e da organização de pequenas partes componentes de um material. Neste contexto, a textura não inclui a aspereza do filme de tinta, mas apenas as irregularidades visuais no plano do filme de tinta. Partículas que não são diretamente observáveis por si próprias podem também contribuir com a aparência visual geral de um filme de tinta. Desorientadores são um exemplo dessas partículas. Pigmentos de efeito são geralmente flocos que tendem a assumir uma orientação horizontal em um filme curado. Para evitar isso e obter mais variação na orientação dos flocos, são utilizadas partículas esféricas, denominadas desorientadores. O uso de desorientadores em uma tinta metálica resulta em mais brilho. Estruturas menores que a resolução do olho humano contribuem com a coloração, enquanto estruturas maiores geralmente também contribuem com a textura.

Conforme mencionado acima, o método de acordo com a presente invenção utiliza dados de coloração e textura medida como entrada para gerar a imagem.

As cores podem ser medidas com o auxílio de colorímetros, tais como espectrofotômetros ou medidores com três estímulos. O Pedido de Patente Norte-Americano US 2001/0036309 descreve um método de medição da coloração com o auxílio de um espectrofotômetro multiangular. A Patente Norte-Americana US 4.813.000 descreve a medição de uma cor selecionada com o auxílio de um analisador de coloração com três estímulos e utilizando os dados de cromaticidade medidos. WO 01/25737 descreve com medir a coloração com um dispositivo digital de formação de imagens tal como um scanner ou uma câmera digital.

Os parâmetros de textura podem ser medidos

utilizando um dispositivo digital de formação de imagens, tal como uma câmera digital que possui um sensor CCD. O parâmetro de textura "aspereza" descreve a aspereza visual da superfície de uma amostra: um revestimento exibe aspereza quando exibe um padrão claro de áreas claras e escuras, que pode ser mais bem reconhecido sob condições de iluminação difusa (a aspereza é visível sob condições tais que é denominada "aspereza difusa"). Não apenas é importante a razão entre as áreas claras e escuras, que para uma imagem em preto e branco pode ser expressa em um desvio padrão de valor cinza, mas também o tamanho das áreas. Foi projetada uma escala de aspereza com a qual um observador pode inspecionar visualmente o revestimento de efeito e expressar o aspecto de aspereza como um número. Alguns revestimentos de efeito possuirão baixo valor de aspereza e outros, um valor de aspereza grande. Desta forma, o aspecto de textura "aspereza" de um revestimento pode ser determinado visualmente de forma quantitativa.

Para extrair a aspereza, pode-se utilizar o algoritmo a seguir:

Tire uma imagem CCD de N x N pixels. O desvio padrão do valor de cinza *GVSTD* é determinado em diversas escalas *X*: na escala menor X = 1, ele é calculado por pixel individual. Na segunda menor escala, ele é calculado sobre os valores cinza médios de quadrados de 2 x 2 pixels (X = 4). Na terceira menor escala, são utilizados quadrados de 4 x 4 pixels, logo X = 16. Isso é repetido até a escala máxima de N x N pixels ($X = N^2$).

O desvio padrão de valor cinza *GVSTD* pode ser descrito em função da escala *X*, utilizando:

$$(1)\ GVSTD = A + \frac{B}{X^C}$$

Quando GVSTD e X forem conhecidos, os parâmetros A,

B e C podem ser calculados por meio de adequação.

Os parâmetros A, B e C podem ser correlacionados com um valor de aspereza visual VC por meio de:

$$(2) VC = \alpha_1 + \alpha_2 * A + \alpha_3 * B + \alpha_4 * C$$

Os valores de α_1, α_2, α_3 e α_4 foram previamente determinados por meio de comparação com um conjunto de painéis de cores automotivas representativas. Essas cores de referência são analisadas visualmente e de acordo com um valor segundo uma escala de referência. A análise é realizada por uma série de pessoas e é calculada a média por painel dos valores definidos. Para cada uma dessas cores de referência, o VC medido deverá ser igual ao valor de acordo com a escala de referência para avaliação visual. Os parâmetros α_1, α_2, α_3 e α_4 são encontrados minimizando-se a diferença entre os valores observados e medidos de todos os painéis utilizados no conjunto de cores automotivas representativas. Para encontrar valores iguais dos parâmetros α_1, α_2, α_3 e α_4 para todos os painéis do conjunto de cores automotivas representativas, é calculado o quadrado da diferença entre o valor de escala de referência e o valor de aspereza visual VC para cada painel. A soma de todos esses quadrados $\Sigma_{\text{todos os painéis}}$ (avaliação visual $_{\text{painel i}}$ - VC $_{\text{painel i}})^2$ é minimizada em seguida, resultando nos valores de α_1, α_2, α_3 e α_4. Quando esses parâmetros forem conhecidos, pode-se determinar a aspereza de qualquer filme de tinta automotiva.

O método de uso do modelo teórico (2) mencionado acima pode ser aplicado, de forma geral, para qualquer parâmetro de textura para qualquer condição de observação e iluminação para qualquer modelo específico. Este modelo específico pode incluir qualquer parâmetro físico (tal como tamanho de partícula, composição de floco etc.), parâmetro de coloração (tal como os parâmetros CIE Lab etc.) ou parâmetros de imagem (tais como desvio padrão de valor cinza etc.).

Uma forma alternativa de medição da textura, particularmente o chamado microbrilho, com um dispositivo digital de formação de imagens e software de análise de imagens, é descrita em US 2001/0036309, incorporado ao presente como referência.

O parâmetro "brilhos" é um outro parâmetro de textura, que descreve a percepção de pequenos pontos claros brilhantes sobre a superfície de um revestimento de efeito sob condições de iluminação direcional que apagam e acendem ao mudar-se o ângulo de observação. O brilho é mais bem observado em luz do sol direta, ou seja, com céu sem nuvens, a menos de um metro de distância. Mesmo quando as condições de observação forem idênticas, alguns revestimentos de efeito exibem muitos pontos brilhantes, enquanto outros revestimentos de efeito exibem poucos ou nenhum ponto brilhante. Foi projetada uma escala de brilhos com a qual um observador pode inspecionar visualmente o revestimento de efeito e expressar o aspecto de brilhos como um número que é denominado "impressão de brilhos". Alguns revestimentos de efeito possuirão baixo valor de brilhos e outros, um valor de brilhos grande. Desta forma, o aspecto de textura "brilhos" de um revestimento pode ser determinado visualmente de forma quantitativa.

O parâmetro de textura "brilhos" pode ser descrito mais especificamente realizando-se a distinção entre intensidade de brilho e tamanho de brilho. A intensidade de brilho é a intensidade da luz ou a distribuição da intensidade de luz dos pequenos pontos claros brilhantes. O tamanho de brilho é a área ou distribuição de área dos pontos.

Uma segunda forma de realizar uma distinção adicional entre os brilhos é por meio da sua coloração ou distribuição de coloração.

Um brilho é visível apenas em uma dada faixa de orientações mútuas na direção da iluminação, direção da observação e orientação da amostra. Consequentemente, uma terceira forma de caracterizar brilhos é a determinação da faixa de ângulos de iluminação (ou sua distribuição) para os quais um brilho é visível ao olho humano, considerando um certo ângulo de observação e orientação da amostra. De forma similar, a faixa de ângulos de observação (ou sua distribuição) para os quais um brilho é visível ao olho humano pode ser utilizada considerando um ângulo de iluminação e orientação da amostra fixo ou pode ser utilizada a faixa de orientações de amostra (ou sua distribuição) para as quais um brilho é visível para o olho humano considerando um ângulo de observação fixo e um ângulo de iluminação fixo.

Um exemplo de instrumento disponível comercialmente para medir parâmetros de textura é o BYK-mac® da BYK-Gardner. Com este instrumento, diversos parâmetros de textura podem ser medidos para diferentes condições de iluminação, tais como diferentes graus de direcionalidade da fonte de luz e diferentes ângulos de iluminação e ângulos de detecção. O uso de dados de medições de textura de mais de um ângulo de iluminação e/ou ângulo de detecção e o emprego desses dados para exibir imagens que representem a variação das propriedades de textura ao variar-se esses ângulos são uma outra vantagem opcional específica da presente invenção em comparação com o estado da técnica, tal como descrito no Pedido de Patente Internacional WO 2008/121358.

O dispositivo de visor eletrônico no qual é exibida a imagem de um revestimento de efeito pode ser um monitor de computador, um projetor, tela de TV, dispositivo assistente pessoal digital (PDA), telefone celular, telefone inteligente que combina PDA e telefone celular, visor de filme fino flexível ou qualquer outro dispositivo que possa exibir

informações ou imagens com base em sinais digitais. O dispositivo de visor pode também ser um dispositivo de impressão que imprime, com base em sinais digitais, informações ou imagens sobre papéis, plásticos, tecidos ou quaisquer outras superfícies que sejam apropriadas para impressão das informações ou imagens. O dispositivo de visor pode também ser um dispositivo com dupla função de entrada de dados e exibição, tal como uma tela sensível ao toque.

Em uma realização específica, o método de acordo com a presente invenção compreende uma primeira etapa a de geração de uma imagem em escala de cinza com propriedades de textura prescritas, em que a propriedade de textura pode ser aspereza difusa, impressão de brilhos ou qualquer uma de suas combinações. Em uma etapa adicional b, a imagem texturizada em escala de cinza gerada é convertida em uma imagem texturizada com propriedades de coloração prescritas.

Em ainda outra realização, a imagem exibida considera a distância entre o observador e o revestimento de efeito exibido. Isso pode ser atingido por meio de um método no qual, na etapa a, a imagem de aspereza difusa é redimensionada por meio de um algoritmo de redirecionamento por interpolação, a imagem de impressão de brilhos é redimensionada por meio de um algoritmo de redimensionamento sem interpolação e, em seguida, a imagem de aspereza difusa redimensionada e as imagens de impressão de brilhos são combinadas em uma imagem em escala de cinza redimensionada com propriedades de textura prescritas, em que o grau de redimensionamento depende da distância entre o observador e os revestimentos exibidos.

Na primeira etapa, são geradas duas imagens em escala de cinza com propriedades de textura prescritas por um algoritmo que inclui emplastros de um certo tamanho e um certo nível de cinza em uma série de posições geradas

aleatoriamente nas imagens. É elaborada uma imagem para simular os aspectos de aspereza difusa, enquanto a segunda imagem é elaborada para simular os aspectos de impressão de brilhos. Em uma etapa subsequente, os dois aspectos são combinados em uma imagem final, considerando opcionalmente a distância entre o observador e o dispositivo de visor.

As duas imagens são geradas por um algoritmo central, descrito abaixo, que utiliza os parâmetros de entrada *tamanho*, *nível de cinza*, *contagem* e *cintilação*. Para a primeira imagem, o *tamanho*, *nível de cinza*, *fator de contagem* e *fator de cintilação* são selecionados por funções que dependem apenas do valor de aspereza difusa medido:

$$(3)\quad \begin{bmatrix} size \\ gray\ \text{level} \\ count \\ sparkler \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(dc) \\ g(dc) \\ h(dc) \\ k(dc) \end{bmatrix}$$

em que $f(dc)$, $g(dc)$, $h(dc)$ e $k(dc)$ são descritos em função da aspereza difusa dc:

$$(4)\quad \begin{aligned} f(dc) &= A_f + B_f \cdot dc^{C_f} \\ g(dc) &= A_g + B_g \cdot dc^{C_g} \\ h(dc) &= A_h + B_h \cdot dc^{C_h} \\ k(dc) &= A_k + B_k \cdot dc^{C_k} \end{aligned}$$

Com dc conhecido para um conjunto representativo de cores automotivas, seja por meio de julgamentos visuais ou de medições, o algoritmo central é capaz de simular imagens que foram capturadas com uma câmera digital sob condições de iluminação e detecção bem definidas para aquele conjunto de painéis. Para fazer com que as imagens simuladas relembrem as imagens medidas, os parâmetros A_f e B_f até C_k devem ser otimizados. Neste processo, afirma-se que as imagens simuladas são ideais quando diversas medidas estatísticas cuidadosamente selecionadas do seu histograma coincidirem com

as do conjunto medido. Exemplos dessas medidas estatísticas são o valor mediano, a média e valores percentuais para 10, 20,... até 100%.

Para encontrar valores iguais para os parâmetros A_f, B_f a C_k para todos os painéis do conjunto de cores automotivas representativas, o quadrado da diferença entre essas medidas estatísticas é calculado para cada uma das imagens medidas e simuladas. A soma do quadrado das diferenças é minimizada em seguida, resultando em um valor otimizado para cada parâmetro A_f, B_f a C_k. Com estes valores de parâmetros, a aspereza difusa de qualquer filme de tinta automotiva pode ser simulada precisamente em uma imagem digital.

Para a segunda imagem, o *tamanho*, *nível de cinza*, *fator de contagem* e *fator de cintilação* são selecionados por funções que dependem apenas do valor de impressão de brilho medido:

$$(5)\quad \begin{bmatrix} size \\ gray\ level \\ count \\ sparkler \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m(gi) \\ n(gi) \\ p(gi) \\ q(gi) \end{bmatrix}$$

em que as funções m, n, p e q são similares às funções f, g, h e k introduzidas na equação (4), mas adicionalmente transformadas utilizando uma função de distribuição de Fermi-Dirac simplificada:

$$(6)\quad \begin{aligned} m(gi) &= 1+100/\left(1+\exp\left[A_f + B_f \cdot gi^{C_f}\right]\right) \\ n(gi) &= 1+100/\left(1+\exp\left[A_g + B_g \cdot gi^{C_g}\right]\right) \\ p(gi) &= 1+100/\left(1+\exp\left[A_h + B_h \cdot gi^{C_h}\right]\right) \\ q(gi) &= 1+100/\left(1+\exp\left[A_k + B_k \cdot gi^{C_k}\right]\right) \end{aligned}$$

De forma similar ao caso anterior, os parâmetros A_f, B_f a C_k devem ser otimizados para gerar imagens que relembrem a impressão de brilho do conjunto medido de cores

automotivas representativas; novamente, de tal forma que um conjunto de parâmetros gere imagens que relembrem um painel com o dado valor de impressão de brilho.

Neste ponto, uma imagem digital é considerada um conjunto bidimensional de valores de pixel. O algoritmo central começa com um conjunto do tamanho correto ou levemente superdimensionado, preenchido com zeros.

Em uma etapa seguinte, que é repetida por *contagem* x *tamanho_do_conjunto* vezes, o algoritmo aumenta os valores em uma seção retangular pequena aleatória na imagem. Para os dados valores dos parâmetros nas equações (3) e (5), esses aumentos possuem o dado tamanho e um padrão que depende do dado tamanho. O padrão pode ser uma função difundida no ponto ou uma imagem secundária gerada ou medida, possivelmente dependendo de mais parâmetros. Após cada aumento, o padrão pode ser multiplicado pelo valor *cintilação*.

Após a adição do dado valor *nível de cinza*, o conjunto resultante é normalizado para que não contenha valores que excedam a unidade.

Na etapa adicional, as imagens de escala de cinza com impressão de brilho especificada ou valor de aspereza difusa especificada geradas com o algoritmo descrito anteriormente são combinadas para produzir uma imagem digital com propriedades de coloração e textura correspondentes a condições de iluminação especificadas e para os quais a cor percebida é igual a uma cor prescrita.

Para uma combinação especificada de ângulo de iluminação e ângulo de observação, abreviada pelo termo geometria, a imagem em escala de cinza gerada com impressão de brilho especificada é convertida nesta etapa em uma imagem colorida com o mesmo valor especificado de impressão de brilho e com uma cor percebida igual à cor prescrita. Utilizando métodos bem conhecidos dos técnicos no assunto, é

gerada uma imagem digital colorida não texturizada com as propriedades de coloração prescrita para a geometria especificada, com base em medições de reflexão, por exemplo, de um espectrofotômetro, em que é considerada a distribuição de potência espectral da fonte de luz. Escreveremos *Rm*, *Gm* e *Bm* para os chamados valores de vermelho, verde e azul desta imagem, *g* para a geometria de interesse e *x*, *y* para as coordenadas de um pixel em uma imagem digital.

A imagem em escala de cinza com impressão de brilho conforme especificado para uma certa geometria *g* possui valores de pixel que são indicados no presente como *GI* e são obviamente iguais para os canais vermelho, verde e azul. Estes valores variam para diferentes pixels *x*, *y*. A média dos valores ao longo de todas as coordenadas de pixels será indicada como *Glavg*. Qualquer diferença de cor indesejada entre imagens de escala de cinza geradas é compensada pela subtração do valor médio.

Além disso, os valores de pixel resultantes são limitados a uma faixa fixa de valores, que é considerada no presente normalizada na faixa de zero a um. Desta forma, é gerada uma imagem digital intermediária com valores de pixel *RSA*, *Gsa* e *Bsa* para os canais vermelho, verde e azul, respectivamente.

$$Rsa(g, x, y) = \max(0, \min(1, Rm(g) + GI(g, x, y) - GIavg(g)))$$

$$Gsa(g, x, y) = \max(0, \min(1, Gm(g) + GI(g, x, y) - GIavg(g)))$$

$$Bsa(g, x, y) = \max(0, \min(1, Bm(g) + GI(g, x, y) - GIavg(g)))$$

Este método garante que, para a imagem intermediária resultante, não apenas o aspecto de textura impressão de brilho seja igual para o valor especificado, mas também que a sua cor percebida coincida com os valores de

reflexão medidos pelo espectrofotômetro. Isso é conseguido, em parte, pelos termos que corrigem os valores médios das imagens texturizadas em escala de cinza. Isso também ocorre, entretanto, porque o algoritmo central de produção das imagens texturizadas em escala de cinza é calibrado por meio de comparação visual das imagens geradas com uma série de imagens em escala de cinza dos chamados painéis âncora. Esses painéis âncora são amostras de revestimento que são formuladas por especialistas de coloração, que recebem a tarefa de produzir um conjunto de amostras de revestimento cinza que não exibem diferença de coloração, mas que exibem alteração gradual da textura quando observadas sob condições apropriadas e bem definidas de iluminação e observação.

Desta forma, são produzidos diversos painéis âncora cuja aspereza difusa varia gradualmente quando são observados sob iluminação difusa. É produzida uma série dierente de painéis âncora que varia gradualmente de impressão de brilho quando observada sob iluminação direcional. Com uma câmera digital em um ângulo de detecção especificado, são capturadas imagens em escala de cinza dos painéis âncora. Isso resulta em uma série de imagens em escala de cinza com uma faixa de valores conhecidos de aspereza difusa e uma outra série de imagens em escala de cinza com uma faixa de valores conhecidos para impressão de brilho. Por meio de comparação visual das imagens em escala de cinza geradas pelo algoritmo central, por um lado, e imagens em escala de cinza dos painéis âncora, por outro, garante-se que o algoritmo central forneça imagens acromáticas com propriedades de textura especificadas.

De forma similar, é gerada uma outra imagem digital intermediária com valores de pixel $Rsd(x, y)$ na qual é considerado o aspecto de textura de aspereza difusa, com base na imagem digital em escala de cinza gerada $DC(x, y)$ e seu

valor médio *DCavg*.

$$Rsd(x, y) = \max(0, \min(1, Rmd + DC(x, y) - DCavg))$$

$$Gsd(x, y) = \max(0, \min(1, Gmd + DC(x, y) - DCavg))$$

$$Bsd(x, y) = \max(0, \min(1, Bmd + DC(x, y) - DCavg))$$

Nesta última expressão, os parâmetros *Rmd*, *Gmd* e *Bmd* referem-se aos valores dos canais vermelho, verde e azul calculados para uma imagem colorida não texturizada que resultaria caso a amostra fosse iluminada de forma difusa. Os valores dos parâmetros *Rmd*, *Gmd* e *Bmd* são mais bem medidos com um espectrofotômetro com iluminação difusa ou, alternativamente, podem ser calculados com base em uma combinação dos valores de reflexão medidos para uma série de geometrias especificadas sob iluminação direcional não difusa.

Com base nas duas imagens digitais coloridas intermediárias, que exibem o aspecto de textura especificado de impressão de brilho (aplicável a condições de iluminação direcionais) e aspereza difusa (aplicável a condições de iluminação difusa), respectivamente, é construída a imagem digital colorida que exibe a textura resultante sob as condições de iluminação especificadas.

Isso é realizado por meio da introdução de um parâmetro opcional v que especifica a distância entre o observador e os revestimentos exibidos e um parâmetro d que especifica a fração de luz difusa nas condições de luz que são válidas no local onde são inspecionados os revestimentos. Um valor v = 1 refere-se, portanto, a uma textura sem escala, v = 2 refere-se à distância normal de observação (≈ 60 cm) e assim por diante. Antes da combinação dos dois, a imagem de aspereza difusa deve ser escalonada utilizando um algoritmo de redimensionamento por interpolação tal como "redimensionamento bilinear", em que a imagem de impressão de brilho deve ser escalonada utilizando um algoritmo de

redimensionamento sem interpolação tal como "vizinho mais próximo". Esta distinção garante a preservação da natureza difusa e direcional correspondente das imagens.

Além disso, é introduzido um parâmetro d que especifica a fração de luz difusa nas condições de luz que são válidas no local onde são inspecionados os revestimentos.

Um valor $d = 1$ refere-se, portanto, a iluminação puramente difusa, $d = 0$ designa luz puramente direcional e valores intermediários designam condições de iluminação intermediárias correspondentes.

$$R(g, x, y) = \max(0, \min(1, Rsd(x, y) * d + Rsa(g, x, y) * (1 - d))$$

$$G(g, x, y) = \max(0, \min(1, Gsd(x, y) * d + Gsa(g, x, y) * (1 - d))$$

$$B(g, x, y) = \max(0, \min(1, Bsd(x, y) * d + Bsa(g, x, y) * (1 - d))$$

A fim de limitar o número de cálculos demorados de imagens em escala de cinza texturizadas, é calculado e armazenado um conjunto representativo de imagens em escala de cinza com uma série de valores especificados para aspereza difusa ou impressão de brilho. O uso de imagens texturizadas armazenadas poderá gerar artefatos visíveis quando imagens simuladas utilizando as mesmas texturas forem exibidas próximas umas das outras. Neste caso, o usuário poderá saber que é utilizado um número limitado de imagens previamente calculadas armazenadas e, portanto, a atenção seria distraída das imagens. Isso é evitado aplicando-se operações de rotação e/ou espelho aleatórias a seções das imagens.

Espectrofotometrias do estado da técnica fornecem curvas de reflexão para tipicamente seis a vinte geometrias g diferentes. Imagens ou partes de imagens referentes às geometrias g que não são iguais a uma das geometrias disponíveis no espectrofotômetro podem ser geradas utilizando

métodos de interpolação, tais como interpolação linear, interpolação quadrática e funções spline.

Para geometrias próximas do ângulo especular que não são medidas por espectrofotômetros convencionais, a imagem gerada obtém similaridade ainda maior a amostras físicas com revestimentos caso o brilho seja compensado. Isso pode ser realizado por meio da adição aos valores de pixel de uma reflexão branca da fonte de luz, que representa o nível de brilho da amostra física (tipicamente, por exemplo, 4% para revestimentos com alto brilho), suavizado por uma função que distribui o brilho ao longo de geometrias em volta do ângulo especular para compensar irregularidades da superfície e borrões no projeto da fonte de luz.

As propriedades visuais de revestimentos de efeito que possuem propriedades de cor e textura geralmente dependem das condições de iluminação e de observação.

Em uma realização, portanto, os dados de textura medidos sob pelo menos duas condições diferentes de iluminação e/ou de observação são utilizados como entrada para gerar a imagem. Para uma melhor impressão das propriedades visuais gerais de um revestimento com efeito específico, também se prefere exibir uma imagem do revestimento de efeito sobre o dispositivo de visor eletrônico sob pelo menos duas condições de iluminação e/ou observação diferentes.

Em uma realização, pelo menos duas condições de iluminação e/ou observação diferentes são implementadas por fontes de luz que possuem uma emissão de espectro diferente. Em uma realização adicional, são implementadas pelo menos duas condições diferentes de iluminação e/ou observação por luz que possui diferentes graus de direcionalidade, tal como luz completamente difusa e luz que possui um alto grau de direcionalidade. Em uma realização adicional, pelo menos duas

condições diferentes de iluminação e/ou observação são implementadas por diferentes ângulos de iluminação e/ou diferentes ângulos de observação. Também é possível combinar uma ou mais das realizações que implementam diferentes condições de iluminação e/ou observação.

Ao observar-se um objeto, a sua superfície é observada sob uma faixa de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação com relação à superfície local. Em uma realização adicional, portanto, cada imagem exibida representa uma série de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação. Isso possibilita representar qualquer objeto curvo sob diversos ângulos de iluminação e/ou observação. A dependência das propriedades de textura e de coloração sobre esses ângulos é compensada. Também é possível exibir imagens sob faixas de iluminação e/ou ângulos de observação que não correspondem a cenas realistas, mas que podem ser úteis para enfatizar a dependência característica de propriedades de textura e/ou coloração sobre esses ângulos.

Também é possível exibir simultaneamente duas ou mais imagens de revestimentos de efeito. A exibição simultânea de revestimentos de efeito é particularmente útil para comparar as propriedades visuais de revestimentos de efeito diferentes.

Em uma realização adicional, são visualizadas alterações de propriedades de textura e coloração mediante modificação da receita de revestimento.

O método de exibição de revestimentos de efeito de acordo com a presente invenção é altamente apropriado para a seleção de possíveis revestimentos para coincidir com um revestimento alvo.

Em um aspecto, portanto, o método compreende as etapas de:

a.comparação visual do grau de coincidência de

propriedades de textura e coloração de um revestimento alvo sobre um substrato que possui propriedades de textura e coloração com duas ou mais amostras físicas de possíveis revestimentos;

b.seleção da amostra física do possível revestimento que possui a melhor coincidência com o revestimento alvo;

c.determinação visual dos desvios de textura e coloração entre o revestimento alvo e a amostra física do possível revestimento selecionado na etapa b;

d.exibição de uma imagem da amostra física do possível revestimento selecionado na etapa b e pelo menos um possível revestimento potencial alternativo, utilizando um método conforme descrito acima; e

e.seleção, com base nos desvios determinados na etapa c, do possível revestimento com a melhor coincidência dentre as imagens exibidas.

Este método não necessita de medição das propriedades de textura e coloração do revestimento alvo e exibição da sua imagem.

Em um outro aspecto, a presente invenção refere-se a um método de seleção de um possível revestimento que possui propriedades de textura e coloração que coincidem com a propriedades de textura e coloração de um revestimento alvo sobre um artigo, que compreende as etapas de:

a.exibição de uma imagem do revestimento alvo e de uma imagem de pelo menos um possível revestimento sobre um dispositivo de visor eletrônico utilizando um método conforme descrito acima;

b.estabelecimento do grau de coincidência de propriedades de coloração e textura entre o revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento; e

c.seleção de um possível revestimento que possui um

grau aceitável de coincidência.

Em uma realização preferida do método de seleção de um possível revestimento, as imagens de dois ou mais possíveis revestimentos são exibidas no dispositivo de visor eletrônico. As duas ou mais imagens de possíveis revestimentos podem ser exibidas simultânea ou consecutivamente.

Quando as diferenças visíveis entre imagens de um revestimento alvo a coincidirem e um ou mais possíveis revestimentos forem pequenas, pode ser difícil selecionar um possível revestimento que possua o melhor grau de coincidência.

Em uma realização adicional, portanto, diferenças nas propriedades de textura e/ou coloração do revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento são amplificadas nas imagens exibidas e/ou em uma imagem separada que exibe a diferença de coloração amplificada. Isso possibilita a seleção, dentre uma série de possíveis revestimentos, daquele que possui o melhor grau de coincidência com o revestimento alvo. Em uma realização adicional, as imagens do revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento são exibidas para uma série de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação e a faixa de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação exibidos inclui os ângulos sob os quais a diferença das propriedades de textura e/ou coloração entre o revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento atinge um máximo. Em uma realização adicional, a faixa de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação utilizada na imagem exibida não é representativa de faixas de ângulos realizadas quando são observados objetos físicos realistas, mas é selecionada para enfatizar diferenças nas propriedades de textura e/ou coloração.

Em uma realização, as possíveis imagens são

sustentadas por indicações textuais ou gráficas da precisão da coincidência com relação às propriedades de coloração e/ou à precisão da coincidência com relação às propriedads de textura e/ou à capacidade de tingimento do candidato. Desta forma, ajuda-se o usuário a encontrar o melhor candidato para uma coincidência. Caso o melhor candidato para uma coincidência não seja suficientemente bom, o usuário necessita alterar a receita de cor do melhor candidato, um processo conhecido como correção ou tingimento.

O processo de correção e tingimento de receitas de coloração que foram obtidas de um banco de dados é auxiliado em uma realização adicional, exibindo-se as propriedades de textura e coloração de um ou mais possíveis revestimentos e visualizando-se como essas propriedades seriam alteradas após uma ou mais modificações propostas das receitas de coloração. As modificações propostas das receitas de coloração podem ser o resultado de cálculos.

Em uma realização adicional, as modificações propostas das receitas de coloração consistem de leves alterações prescritas da receita.

Em uma realização, os dados de coloração medidos e os dados de textura medidos utilizados como entrada para gerar a imagem texturizada com propriedades de coloração prescritas são armazenados e recuperados de um banco de dados que contém dados de coloração medidos e dados de textura medidos de revestimentos de efeito. O banco de dados pode ser implementado em um dispositivo eletrônico de armazenagem de dados local. Alternativamente, o banco de dados pode ser implementado em um dispositivo de armazenagem remota que é acessível por uma linha de comunicação de dados, tal como a Internet.

Em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um sistema de condução do método, mais

especificamente um sistema de exibição de imagens de um revestimento de efeito que possui propriedades de textura e coloração em um dispositivo de visor eletrônico, em que o sistema compreende um dispositivo de visor eletrônico sob controle de uma unidade de processamento de dados que é configurada para utilizar dados de coloração medidos e dados de textura medidos como entrada para gerar uma imagem de textura com propriedades de coloração visual que são mantidas em um nível prescrito independentemente de possíveis variações das propriedades de textura.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO, caracterizado por possuir propriedades de textura e coloração em um dispositivo de visor eletrônico, utilizando dados de coloração medidos e dados de textura medidos como entrada para gerar a imagem, em que a imagem texturizada é exibida com propriedades de coloração visual que são mantidas em um nível prescrito independentemente de possíveis variações das propriedades de textura, em que o método compreende ainda:

a. uma primeira etapa de geração de uma imagem em escala de cinza com propriedades de textura prescritas, em que as propriedades de textura são selecionadas a partir de aspereza difusa, impressão de brilho ou uma de suas combinações; e

b. uma segunda etapa na qual a imagem texturizada em escala de cinza gerada é convertida em uma imagem texturizada com propriedades de coloração prescritas; e

em que, na etapa a, a imagem de aspereza difusa é redimensionada por meio de um algoritmo de redirecionamento por interpolação, a imagem de impressão de brilhos é redimensionada por meio de um algoritmo de redimensionamento sem interpolação e, em seguida, a imagem de aspereza difusa redimensionada e a imagem de impressão de brilhos são combinadas em uma imagem em escala de cinza redimensionada com propriedades de textura prescritas, em que o grau de redimensionamento depende da distância entre o observador e o revestimento de efeito exibido.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os dados de textura medidos com base em pelo menos duas condições de iluminação e/ou observação diferentes são utilizados como entrada para gerar a imagem em escala de cinza com propriedades de textura

prescritas.

3. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo fato de que a imagem é exibida sob pelo menos duas condições de iluminação e/ou observação diferentes.

4. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 e 3, caracterizado pelo fato de que pelo menos duas condições de iluminação e/ou observação diferentes são implementadas por fontes de luz que possuem uma emissão de espectro diferente.

5. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, caracterizado pelo fato de que pelo menos duas condições de iluminação diferentes são implementadas por fontes de luz que possuem graus de direcionalidade diferentes.

6. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado por compreender as etapas de:

a. comparação visual do grau de coincidência de propriedades de textura e coloração de um revestimento alvo sobre um substrato que possui propriedades de textura e coloração com duas ou mais amostras físicas de possíveis revestimentos;

b. seleção da amostra física do possível revestimento que possui a melhor coincidência com o revestimento alvo;

c. determinação visual dos desvios de textura e coloração entre o revestimento alvo e a amostra física do possível revestimento selecionado na etapa b;

d. exibição de uma imagem da amostra física do possível revestimento selecionado na etapa b e pelo menos um possível revestimento potencial alternativo, utilizando um método conforme definido em qualquer das reivindicações

anteriores; e

e. seleção, com base nos desvios determinados na etapa c, do possível revestimento com a melhor coincidência dentre as imagens exibidas.

7. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a imagem exibida é ligada a uma receita de revestimento correspondente e em que, mediante modificação da receita de revestimento, são visualizadas alterações de propriedades de textura e coloração.

8. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de que as imagens de pelo menos dois revestimentos de efeito são exibidas simultaneamente.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que as imagens de pelo menos dois revestimentos de efeito incluem a imagem de um revestimento alvo a ser coincidido e a imagem de um possível revestimento que coincide potencialmente com as propriedades visuais do revestimento alvo.

10. MÉTODO DE SELEÇÃO DE UM POSSÍVEL REVESTIMENTO, caracterizado por possuir propriedades de textura e coloração que coincidem com as propriedades de textura e coloração de um revestimento alvo sobre um artigo, que compreende as etapas de:

a. exibição de uma imagem do revestimento alvo e de uma imagem de pelo menos um possível revestimento sobre um dispositivo de visor eletrônico utilizando um método conforme descrito em qualquer das reivindicações anteriores;

b. estabelecimento do grau de coincidência de propriedades de coloração e textura entre o revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento por meio de comparação visual das imagens exibidas na etapa a; e

c. seleção de um possível revestimento que possui um grau aceitável de coincidência.

11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a imagem do possível revestimento é suplemetnada por indicações textuais ou gráficas do grau de coincidência de propriedades de coloração e/ou textura entre o revestimento alvo e o possível revestimento.

12. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 e 11, caracterizado pelo fato de que as imagens de pelo menos dois possíveis revestimentos são exibidas simultaneamente no dispositivo de visor eletrônico.

13. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 12, caracterizado pelo fato de que diferenças nas propriedades de textura e/ou coloração do revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento são amplificadas nas imagens exibidas.

14. MÉTODO, de acordo com qualquer das reivindicações 10 a 13, caracterizado pelo fato de que as imagens do revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento são exibidas para uma série de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação e a faixa de ângulos de iluminação e/ou ângulos de observação exibidos inclui os ângulos sob os quais a diferença das propriedades de textura e/ou coloração entre o revestimento alvo e pelo menos um possível revestimento atinge um máximo.

15. SISTEMA DE EXIBIÇÃO DE IMAGENS DE UM REVESTIMENTO DE EFEITO, caracterizado por possuir propriedades de textura e coloração em um dispositivo de visor eletrônico, em que o sistema compreende um dispositivo de visor eletrônico sob o controle de uma unidade de processamento de dados que é configurada para utilizar dados de coloração medidos e dados de textura medidos como entrada para gerar uma imagem texturizada com propriedades de coloração visual que são mantidas em um nível prescrito independentemente de possíveis variações das propriedades de textura, em que o sistema compreende ainda:

a. uma primeira etapa de geração de uma imagem em

escala de cinza com propriedades de textura prescritas, em que as propriedades de textura são selecionadas a partir de aspereza difusa, impressão de brilho ou uma de suas combinações; e

b. uma segunda etapa na qual a imagem texturizada em escala de cinza gerada é convertida em uma imagem texturizada com propriedades de coloração prescritas; e

em que, na etapa a, a imagem de aspereza difusa é redimensionada por meio de um algoritmo de redirecionamento por interpolação, a imagem de impressão de brilhos é redimensionada por meio de um algoritmo de redimensionamento sem interpolação e, em seguida, a imagem de aspereza difusa redimensionada e a imagem de impressão de brilhos são combinadas em uma imagem em escala de cinza redimensionada com propriedades de textura prescritas, em que o grau de redimensionamento depende da distância entre o observador e o revestimento de efeito exibido.