



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112016025577-1 B1**

**(22) Data do Depósito:** 17/04/2015

**(45) Data de Concessão:** 14/03/2023

**(54) Título:** REFOCALIZAÇÃO DE IMAGEM PARA MATRIZES DE CÂMERA

**(51) Int.Cl.:** G06T 5/00; G06T 5/20; G06T 5/50; H04N 1/409; H04N 5/232; (...).

**(52) CPC:** G06T 5/003; G06T 5/20; G06T 5/50; H04N 1/409; H04N 5/23229; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 02/06/2014 US 14/293,611.

**(73) Titular(es):** INTEL CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** OSCAR NESTARES; YONG JIANG.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2015026492 de 17/04/2015

**(87) Publicação PCT:** WO 2015/187250 de 10/12/2015

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 01/11/2016

**(57) Resumo:** REFOCALIZAÇÃO DE IMAGEM PARA MATRIZES DE CÂMERA São discutidas técnicas relacionadas à refocalização de imagem para matrizes de câmera com o uso de um filtro de espaço variante com base em um nível de embaçamento de pixel em pixel associado a uma diferença entre uma imagem de referência e uma imagem refocalizada básica. Tais técnicas podem incluir obter a diferença entre a imagem de referência e a imagem refocalizada básica e aplicar um filtro de espaço variante à imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco. O nível de embaçamento implantado pelo filtro de espaço variante pode ser baseado na diferença e, opcionalmente, no nível de ruído de imagem de referência e no gradiente de imagem de referência.

**"REFOCALIZAÇÃO DE IMAGEM PARA MATRIZES DE CÂMERA"****CAMPO DA INVENÇÃO**

[0001] Este pedido reivindica a prioridade do Pedido de Patente nº de Série U.S. 14/293.611, intitulado "IMAGE REFOCUSING FOR CAMERA ASSAYS", depositado em 2 de junho de 2014, que está incorporado ao presente documento a título de referência em sua totalidade.

**HISTÓRICO**

[0002] A refocalização de imagem pode ser usada para refocalizar imagens após as mesmas terem sido obtidas. Por exemplo, tais técnicas de refocalização podem ser usadas para simular uma profundidade de campo rasa após o fato (por exemplo, após a imagem ou imagens serem obtidas). Uma profundidade de campo rasa na imaginologia pode fornecer uma estética com uma porção, região ou objeto de interesse em uma imagem que está em foco e com outra porção ou porções da imagem que está fora de foco e que tem um desfoque. Tal estética pode ser desejável para usuários. Na fotografia típica, tal profundidade de campo rasa e estéticas relacionadas podem ser capturadas com o uso de aberturas maiores e de outras técnicas fotográficas enquanto a imagem está sendo obtida.

[0003] Na refocalização de imagem, existem diversas técnicas para simular uma profundidade de campo rasa. Por exemplo, câmeras plenópticas podem tomar amostra do campo de luz na pupila de entrada da câmera em 4D que usa uma matriz de microlente colocada na frente do sensor que separa raios que entram em diferentes ângulos antes de a média ser apurada pelo sensor. Tais técnicas

permitem a refocalização após o fato mediante a renderização de vistas nas quais a integração para converter o campo de luz em 4D em uma imagem ocorrer em ângulos específicos. A principal desvantagem de tais técnicas é que a abertura máxima é limitada pela abertura física da lente principal e que a mesma exige uma configuração óptica complicada com uma lente de ampliação na frente da câmera. Ademais, tais lentes de ampliação são difíceis de serem integradas a plataformas móveis.

[0004] Em outro exemplo, uma matriz de câmera pode ser usada para capturar a refocalização após o fato. Em abordagens de matriz de câmera, múltiplas imagens podem ser obtidas (por exemplo, através da matriz de câmera) e uma técnica de desvio e apuração de média pode ser usada para capturar a refocalização. Por exemplo, a refocalização em uma profundidade escolhida inclui a seleção do deslocamento que corresponde à profundidade, o desvio das imagens (por exemplo, das múltiplas imagens obtidas através da matriz de câmera) e a apuração da média das imagens. Tais técnicas mantêm os pontos que estão na profundidade escolhida alinhados e, portanto, em foco enquanto os pontos que estão em outras profundidades não irão se alinhar e irão parecer embaçados. Tais técnicas podem, por meio disso, simular uma profundidade de campo rasa conforme discutido. No entanto, os resultados de tais técnicas podem fornecer imagens que parecem não naturais nas regiões embaçadas (por exemplo, fora de foco).

[0005] Como tal, técnicas existentes não fornecem a refocalização após o fato com facilidade de uso e alta qualidade. Tais problemas podem se tornar desastrosos visto que o desejo de obter imagens esteticamente agradáveis de alta qualidade em uma variedade de implantações de dispositivo se torna mais generalizado.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

[0006] O material descrito no presente documento é ilustrado por meio de exemplo e não por meio de limitação nas Figuras anexas. Por uma questão de simplicidade e clareza da ilustração, os elementos ilustrados nas Figuras não estão necessariamente em escala. Por exemplo, as dimensões de alguns elementos podem estar exageradas em relação a outros elementos para clareza. Adicionalmente, onde for considerado apropriado, as etiquetas de referência foram repetidas dentre as Figuras para indicar ou elementos correspondentes ou análogos. Nas Figuras:

[0007] A Figura 1 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador para fornecer refocalização de imagem;

[0008] A Figura 2 ilustra uma matriz de câmera exemplificadora e imagens capturadas exemplificadoras;

[0009] A Figura 3 ilustra uma imagem de referência totalmente em foco exemplificadora;

[0010] A Figura 4 ilustra uma imagem refocalizada básica exemplificadora;

[0011] A Figura 5 ilustra uma imagem de diferença exemplificadora;

[0012] A Figura 6 ilustra uma imagem de diferença de passa-baixa exemplificadora;

[0013] A Figura 7 ilustra uma imagem refocalizada final exemplificadora;

[0014] A Figura 8 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador para fornecer refocalização de imagem;

[0015] A Figura 9 ilustra uma pirâmide de imagem de diferencial de passa-baixa processada exemplificadora;

[0016] A Figura 10 ilustra um produto exemplificador de uma pirâmide de imagem refocalizada básica e de uma pirâmide de máscara;

[0017] A Figura 11 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador para fornecer refocalização de imagem;

[0018] A Figura 12 é um fluxograma que ilustra um processo exemplificador para fornecer refocalização de imagem;

[0019] A Figura 13 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificativo;

[0020] A Figura 14 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador; e

[0021] A Figura 15 ilustra um dispositivo exemplificador, totalmente disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA**

[0022] Uma ou mais modalidades ou implantações são descritas agora com referência às Figuras anexas. Embora configurações e disposições específicas sejam discutidas, deve ser entendido que isso é feito apenas

para propósitos ilustrativos. Os versados na técnica relevante reconhecerão que outras configurações e disposições podem ser empregadas sem que se afaste do espírito e do escopo da descrição. Ficará evidente para os versados na técnica relevante que técnicas e/ou disposições descritas no presente documento também podem ser empregadas em uma variedade de outros sistemas e aplicações diferentes daquelas que estão descritas no presente documento.

[0023] Embora a descrição a seguir apresente várias implantações que podem ser manifestadas em arquiteturas como arquiteturas de sistema-em-um-chip (SoC), por exemplo, implantação das técnicas e/ou disposições descritas no presente documento não está restrita a arquiteturas e/ou sistemas de computação particulares e pode ser implantada por qualquer arquitetura e/ou sistema de computação para propósitos similares. Por exemplo, várias arquiteturas que empregam, por exemplo, múltiplos chips e/ou pacotes de circuitos integrados (IC) e/ou vários dispositivos de computação e/ou dispositivos eletrônicos voltados para o consumo (CE) como conversores de sinal, telefones inteligentes, etc., podem implantar as técnicas e/ou disposições descritas no presente documento. Adicionalmente, embora a descrição a seguir possa apresentar inúmeros detalhes específicos como implantações de lógica, tipos e interrelações de componentes de sistema, escolhas de integração/particionamento de lógica, etc., a matéria reivindicada pode ser praticada sem tais detalhes específicos. Em outros casos, alguns materiais como, por

exemplo, estruturas de controle e sequências completas de instrução de software, podem não ser mostrados em detalhes a fim de não obscurecer o material revelado no presente documento.

[0024] O material revelado no presente documento pode ser implantado em hardware, firmware, software ou qualquer combinação dos mesmos. O material revelado no presente documento também pode ser implantado como instruções armazenadas em um meio legível por máquina, que podem ser lidas e executadas por um ou mais processadores. Um meio legível por máquina pode incluir qualquer meio e/ou mecanismo para armazenar ou para transmitir informações em uma forma legível por uma máquina (por exemplo, um dispositivo de computação). Por exemplo, um meio legível por máquina pode incluir memória apenas para leitura (ROM); memória de acesso aleatório (RAM); mídia de armazenamento em disco magnético; mídia de armazenamento óptico; dispositivos de memória flash; sinais elétricos, ópticos, acústicos ou outras formas de sinais propagados (por exemplo, ondas portadoras, sinais infravermelhos, sinais digitais, etc.), e outros.

[0025] Referências no relatório descritivo a “uma (1) implantação”, “uma implantação”, “uma implantação exemplificadora”, etc., indicam que a implantação descrita pode incluir um recurso, estrutura ou característica particular, mas é possível que nem toda modalidade inclua necessariamente o recurso, estrutura ou característica particular. Ademais, tais sentenças não se referem necessariamente à mesma implantação.

Ademais, quando um recurso, estrutura ou característica particular for descrito em conjunto com uma modalidade, é sugerido que esteja dentro do conhecimento de um elemento versado na técnica executar tal recurso, estrutura ou característica em conjunto com outras implantações independentemente de estarem ou não explicitamente descritas no presente documento.

[0026] Métodos, dispositivos, aparelhos, plataformas de computação e artigos são descritos no presente documento relacionados à refocalização de imagem e, em particular, à refocalização de imagem baseada em imagens recebidas através de uma matriz de câmera.

[0027] Conforme descrito acima, pode ser vantajoso fornecer refocalização de imagem para simular uma profundidade de campo rasa baseada em imagens capturadas através de uma matriz de câmera. Por exemplo, uma profundidade de campo rasa e estéticas relacionadas podem ser desejáveis para usuários. Também conforme discutido, técnicas existentes podem fornecer uma aparência não natural nas regiões embaçadas (por exemplo, fora de foco) da imagem refocalizada. Por exemplo, em resultados de técnicas de desvio e apuração de média, as regiões embaçadas podem parecer como se tivessem múltiplas cópias sobrepostas do objeto, o que pode ocasionar uma aparência instável e não natural ao invés de um efeito de embaçamento mais suave.

[0028] Em outros casos, pode ser possível estimar explicitamente a disparidade (ou a profundidade) de cada pixel na imagem com o uso de duas ou mais imagens provenientes da matriz de câmera e usar essa disparidade



estimada para gerar uma imagem refocalizada mediante a aplicação de uma quantidade diferente de embaçamento a pixels com diferentes profundidades. No entanto, essa abordagem é mais dispendiosa sob o ponto de vista computacional do que a técnica de desvio e apuração de média anteriormente descrita visto que a estimativa consistente de disparidade é uma operação dispendiosa e, em alguns casos, não confiável.

[0029] Em algumas modalidades discutidas no presente documento, a refocalização de imagem pode incluir a obtenção de imagens de uma cena a partir de uma matriz de câmera. Com base nas imagens, uma imagem de referência totalmente em foco (por exemplo, uma imagem selecionada dentre as imagens obtidas) e uma imagem refocalizada básica podem ser determinadas. Por exemplo, a imagem refocalizada básica pode ser gerada com base em uma técnica de desvio e apuração de média que inclui o desvio das imagens com base em um deslocamento associado a uma profundidade desejada e a apuração da média das imagens desviadas para gerar a imagem refocalizada básica. A imagem de referência totalmente em foco e a imagem refocalizada básica podem ser diferenciadas para gerar uma imagem de diferença. Um filtro passa-baixa pode ser aplicado à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de filtro passa-baixa. Um filtro de espaço variante baseado na imagem de diferença (por exemplo, gerada com o uso da imagem de diferença, da imagem de diferença de passa-baixa e/ou de informações adicionais) pode ser aplicado à imagem refocalizada para gerar uma imagem refocalizada final. A imagem

refocalizada final pode incluir uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco. Por exemplo, uma região de maior diferença na imagem de diferença ou similares pode ser embaçada em uma quantidade maior do que outra região que tem uma diferença menor. Em alguns exemplos, a aplicação do filtro de espaço variante inclui a aplicação de um filtro de espaço variante de aproximação com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

[0030] Com o uso de tais técnicas, o embaçamento gerado tem uma aparência suave e natural. Ademais, as técnicas são eficazes sob o ponto de vista computacional e podem fornecer processamento em tempo real de modo que usuários possam alcançar resultados mais rapidamente e/ou possam selecionar e modificar imagens em tempo real. Em algumas implantações, as técnicas podem ser aplicadas a um vídeo em tempo real.

[0031] A Figura 1 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador 100 para fornecer refocalização de imagem, disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 1, o sistema 100 pode incluir um módulo diferenciador 103, um módulo de filtro passa-baixa 105 e um módulo de filtro de espaço variante 107. Em vários exemplos, o módulo diferenciador 103, o módulo de filtro passa-baixa 105 e o módulo de filtro de espaço variante 107 podem ser implantados através de uma ou mais unidades de processamento central e/ou uma ou mais unidades de processamento gráfico, conforme discutido adicionalmente no presente documento. Conforme mostrado

na Figura 1, o módulo diferenciador 103 pode receber uma imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e uma imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a. A imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a podem ser determinadas com base em múltiplas imagens recebidas através de uma matriz de câmera, por exemplo.

[0032] A Figura 2 ilustra uma matriz de câmera exemplificadora 200 e imagens capturadas exemplificadoras 210 dispostas de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 2, a matriz de câmera 200 pode incluir múltiplas câmeras 201 a 204 para capturar múltiplas imagens 211 a 214 em uma direção 205 das câmeras 201 a 204. Conforme mostrado, uma imagem pode ser capturada a partir de cada câmera de matriz de câmera 200 de modo que a imagem 211 seja capturada através da câmera 201, a imagem 212 seja capturada através da câmera 202, a imagem 213 seja capturada através da câmera 203 e a imagem 214 seja capturada através da câmera 204. No exemplo ilustrado, a matriz de câmera 200 inclui quatro câmeras 201 a 204 que podem capturar quatro imagens 211 a 214; no entanto, qualquer número adequado de câmeras e imagens associadas pode ser usado. Em vários exemplos, a matriz de câmera inclui 9 câmeras (por exemplo, em uma grade de 3×3), 16 câmeras (por exemplo, em uma grade de 4×4) ou similares. Ademais, no exemplo ilustrado, a matriz de câmera 200 inclui câmeras 201 a 204 distanciadas e dispostas de

maneira uniforme em um padrão de grade ao redor de um centro; no entanto, a matriz de câmera 200 pode incluir qualquer disposição e espaçamento adequados. Por exemplo, as câmeras 201 a 204 podem não estar distanciadas de maneira uniforme, as câmeras 201 a 204 podem ser dispostas em outro padrão (por exemplo, circular, em um retângulo, apenas ao longo de uma linha horizontal, apenas ao longo de uma linha vertical ou similares). Em alguns exemplos, as câmeras 201 a 204 que estão mais distanciadas podem fornecer separação mais fácil de objetos na implantação das técnicas de refocalização discutidas. Por exemplo, a colocação das câmeras 201 a 204 pode fornecer uma abertura sintética análoga à abertura em uma implantação de câmera única de modo que quanto maior for a distância entre as câmeras 201 a 204, maior será a abertura sintética (e quanto maior for a capacidade de fornecer profundidade de foco rasa e a separação de objeto nas técnicas de refocalização discutidas).

[0033] As câmeras 201 a 204 pode ter qualquer recurso adequado para capturar as imagens 211 a 214. Em uma modalidade, as câmeras 201 a 204 são câmeras de foco fixo que estão, de modo aproximado, totalmente em foco (por exemplo, em foco a partir de uma distância curta de cerca de 60 cm a 1 m a uma distância infinita de modo eficaz). Ademais, a matriz de câmera 200 pode ser acoplada de modo comunicativo ao sistema 100 (por exemplo, através de uma conexão de comunicação com ou sem fio ou similares) ou a matriz de câmera 200 pode formar uma peça única com o sistema 100. Conforme

discutido, o sistema 100 pode capturar imagens 211 a 214 da matriz de câmera 200.

[0034] Novamente com referência à Figura 1, o sistema 100 pode receber as imagens 211 a 214. Uma ou mais das imagens 211 a 214 podem ser usadas para selecionar uma imagem de referência e/ou um local de interesse na imagem de referência. Por exemplo, uma ou mais das imagens 211 a 214 podem ser apresentadas para um usuário e o usuário pode selecionar ou, com base na manipulação e uma imagem apresentada, selecionar de maneira passiva, uma imagem de referência das imagens 211 a 214. Ademais, um usuário pode selecionar um objeto (por exemplo, uma face ou outro objeto de interesse) ou local de interesse na imagem de referência. Por exemplo, o objeto ou local selecionado pode ser selecionado por usuário através de uma tela sensível ao toque que exibe as imagens. Em outros exemplos, o sistema 100 pode selecionar a imagem de referência e/ou o objeto ou local de interesse na imagem de referência. Por exemplo, o sistema 100 pode selecionar uma imagem de referência das imagens 211 a 214 com base em um local de uma câmera de referência pré-selecionada das câmeras 201 a 204, uma qualidade de uma câmera de referência das câmeras 201 a 204, ou similares. Em alguns exemplos, o sistema 100 pode selecionar um objeto ou local na imagem de referência com o uso de técnicas de reconhecimento de objeto ou de reconhecimento ou similares.

[0035] Conforme discutido, uma imagem de referência (e uma câmera de referência associada que capturou a imagem de referência) e um ou mais objetos ou locais na imagem

de referência podem ser determinados. Com base na imagem de referência selecionada, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 pode ser determinada mediante a conversão da imagem de referência selecionada em escala de cinza com base em qualquer técnica de conversão adequada. A imagem de referência pode ser considerada totalmente em foco com base na câmera de referência que está, de modo aproximado, totalmente em foco e para se diferenciar de imagens que têm regiões embaçadas ou similares geradas conforme discutido no presente documento. Em alguns exemplos, a imagem de referência pode incluir áreas fora de foco ou embaçadas com base na câmera de referência que obtém a imagem.

[0036] A Figura 3 ilustra uma imagem de referência totalmente em foco exemplificadora (escala de cinza) 101, disposta de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 3, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 pode estar, de modo substancial, totalmente em foco (por exemplo, nenhuma porção da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 pode estar substancialmente embaçada ou fora de foco). Ademais, um objeto ou local de interesse 302 pode ser determinado na imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101. Conforme discutido, o objeto ou local de interesse 302 pode ser determinado por usuário ou sistema ou similares. No exemplo ilustrado, o objeto ou local de interesse 302 é uma trama ou porção de trama substancialmente em um plano de

fundo da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101. Em outros exemplos, um objeto em primeiro plano (por exemplo, o macaco de pelúcia ou a mesa da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101) ou um objeto no plano intermediário (por exemplo, o leopardo de pelúcia da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101) pode ser o objeto ou local de interesse.

[0037] Novamente com referência à Figura 1, com base no objeto ou local selecionado na imagem de referência, a refocalização pode ser realizada nas imagens 211 a 214 para gerar a imagem refocalizada básica (cor) 102b e/ou a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a. Por exemplo, a refocalização básica pode ser realizada com o uso de uma técnica de desvio e apuração de média. Para efeitos de discussão, é presumido que a imagem 211 seja a imagem de referência e a câmera 201 seja a câmera de referência; no entanto, qualquer uma das imagens 211 a 214 pode ser a imagem de referência e qualquer uma das câmeras 201 a 204 pode ser a câmera de referência. Em alguns exemplos, uma pode ser determinada profundidade associada ao objeto ou local selecionado na imagem de referência 211. Com base na profundidade, um deslocamento pode ser determinado para todas ou para cada uma das imagens 212, 213, 214. Por exemplo, o(s) deslocamento(s) pode corresponder à profundidade determinada de modo que o(s) deslocamento(s) se alinhe (entre as imagens 211 a 214) ao objeto ou local de interesse. As imagens 212, 213, 214 podem ser, então, desviadas de acordo com o(s) deslocamento(s)

determinado(s) e colocadas em escala com base nas distâncias relativas entre as câmeras 202, 203, 204 e a câmera de referência, respectivamente. Após o desvio, a média entre as imagens 211 a 214 pode ser apurada para determinar a imagem refocalizada básica (cor) 102b e/ou a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a. A técnica de desvio (com representação em escala) e apuração de média pode fornecer embaçamento através da manutenção de pontos na profundidade selecionada (por exemplo, na profundidade do objeto ou local de interesse) alinhados e, portanto, em foco enquanto desalinha pontos que estão em profundidades diferentes de modo que os mesmos possam aparecer embaçados ou fora de foco após a determinação da média.

[0038] Em modalidades em que uma imagem de cor é gerada com o uso de tais técnicas (por exemplo, a imagem refocalizada básica (cor) 102b), uma imagem de escala de cinza (por exemplo, a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a) pode ser gerada com base em uma conversão da imagem de cor em escala de cinza com o uso de qualquer técnica adequada. Em outras modalidades, uma imagem de escala de cinza (por exemplo, a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a) pode ser gerada com o uso de tais técnicas.

[0039] A Figura 4 ilustra uma imagem refocalizada básica exemplificadora (escala de cinza) 102a, disposta de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 4, uma região de embaçamento 401 pode ter sido fornecida na imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a (na



imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a, outras áreas também podem ter um efeito de embaçamento). A região de embaçamento 401 pode ser fornecida conforme discutido com base em uma técnica de desvio e apuração de média. Conforme mostrado em uma vista ampliada 403 da Figura 4, a região de embaçamento 401 pode ter uma aparência não natural e indesejável como se múltiplas cópias da imagem estivessem sobrepostas, o que apresenta um efeito instável para o observador da imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a. Ademais, um objeto ou local de interesse 402 é ilustrado na imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a. Conforme mostrado, o objeto ou local de interesse 402 pode permanecer em foco (por exemplo, sem embaçamento) após as técnicas de desvio e apuração de média discutidas serem aplicadas.

[0040] Novamente com referência à Figura 1, o módulo diferenciador 103 do sistema 100 pode obter uma diferença da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e da imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a para gerar a imagem de diferença 104 conforme mostrado na Figura 1. O módulo diferenciador 103 pode aplicar qualquer diferença adequada à imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e à imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a como uma diferença de valor absoluta das imagens ou similares.

[0041] A Figura 5 ilustra uma imagem de diferença exemplificadora 104, disposta de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme

mostrado na Figura 5, a imagem de diferença 104 pode indicar ou destacar os locais 501, 502 em que um efeito de embaçamento é desejável se mostrando mais brilhosa naqueles locais (por exemplo, em profundidades na imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 em que um efeito de fora de foco é desejável, favor fazer a referência à Figura 3) e pode não indicar ou destacar locais 503, 504 em que nenhum efeito de embaçamento é desejável e o foco restante é, ao invés disso, desejável parecendo mais escuro naqueles locais (por exemplo, no objeto ou local de interesse 302 e em locais na mesma profundidade ou em profundidade similar, favor fazer a referência à Figura 3). Esse é o caso devido ao fato de que a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a é muito similar à imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 nas regiões que estão em foco (por exemplo, nos locais 503, 504) resultando em pequenas diferenças, embora haja mais diferenças nas regiões que estão fora de foco (por exemplo, nos locais 501, 502) resultando em maiores diferenças. Conforme discutido adicionalmente no presente documento, um filtro de espaço variante baseado na imagem de diferença 104 pode ser aplicado à imagem refocalizada básica (cor) 102b para gerar uma imagem refocalizada final (cor) 108 (favor fazer a referência à Figura 1) que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101. Tal filtro de espaço variante pode aperfeiçoar a qualidade da imagem refocalizada mediante a aplicação de um embaçamento de espaço

variante adicional que preserva o foco em algumas regiões (por exemplo, regiões nos locais 503, 504 ou locais que têm uma profundidade similar que aparece mais escura na imagem de diferença 104) e fornece mais embaçamento em outras regiões (por exemplo, locais de regiões 501, 502 ou locais que têm uma diferença de profundidade em relação a locais 503, 504 que aparecem mais claros na imagem de diferença 104).

[0042] Novamente com referência à Figura 1, um filtro passa-baixa pode ser aplicado à imagem de diferença 104 através de módulo de filtro passa-baixa 105 para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa 106. O filtro passa-baixa aplicado pode se aproximar ou fornecer uma largura de embaçamento, por exemplo. O filtro passa-baixa aplicado pode incluir qualquer filtro passa-baixa adequado que passa informações de baixa frequência na imagem de diferença 104 e reduz informações de frequência mais alta na imagem de diferença 104. Por exemplo, a imagem de diferença de passa-baixa 106 pode ter um embaçamento variante substancialmente suave conforme fornecido através do filtro passa-baixa.

[0043] A Figura 6 ilustra uma imagem de diferença de filtro passa-baixa exemplificadora 106, disposta de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 6, a imagem de diferença de passa-baixa 106 pode indicar ou destacar locais 601, 602 em que um efeito de embaçamento é desejável e pode não indicar ou destacar locais 603, 604 em que nenhum efeito de embaçamento é desejável e o foco permanente é, ao invés disso, desejável conforme

discutido com referência a locais 501 a 504 da Figura 5. Também conforme mostrado na Figura 6, a imagem de diferença de passa-baixa 106 pode indicar ou fornecer um embaçamento variante substancialmente suave em comparação com a indicação mais evidente fornecida pela imagem de diferença 104 (favor fazer a referência à Figura 5).

[0044] Novamente com referência à Figura 1, o módulo de filtro de espaço variante 107 pode aplicar um filtro de espaço variante com base na imagem de diferença de passa-baixa 106 (e, dessa forma, na imagem de diferença 104) à imagem refocalizada básica (cor) 102b para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. Em uma modalidade, o filtro de espaço variante pode aplicar uma função que estima uma largura de embaçamento e considera outras informações (por exemplo, um nível de ruído estimado da imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a e/ou o gradiente de imagem da imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a) conforme é discutido adicionalmente abaixo.

[0045] Em uma modalidade, o filtro de espaço variante pode aplicar um embaçamento com base na imagem de diferença de passa-baixa 106 através de apuração de média de pixel. Por exemplo, uma janela de pixels ao redor de um pixel-alvo (por exemplo, um pixel cuja média está sendo apurada) pode ter a média apurada para gerar um novo valor para o pixel-alvo. Dependendo do tamanho da janela, diferentes quantidades de embaçamento podem ser aplicadas. Por exemplo, o tamanho da janela para cada pixel pode ser determinado com base em um mapa de

disparidade evidente para a imagem de diferença 104 ou para a imagem de diferença de passa-baixa 106. Uma janela de um pixel não aplicaria embaçamento (por exemplo, não ocorreria nenhuma mudança do valor de pixel), uma pequena janela aplicaria algum embaçamento e uma janela maior (por exemplo, através da apuração da média em relação a um grande número de pixels) forneceria mais embaçamento. Mediante a aplicação de tal filtro de espaço variante à imagem refocalizada básica (cor) 102b, algumas porções podem incorrer nenhum embaçamento enquanto outras porções ou regiões podem incorrer diferentes níveis de embaçamento para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. As janelas de pixel discutidas podem ter substancialmente qualquer formato como quadrado, retangular ou circular, em que um formato circularmente simétrico é particularmente vantajoso em algumas implantações. Ademais, as janelas de pixel podem ter qualquer tamanho adequado para fornecer ou nenhum embaçamento (por exemplo, 1 pixel) através de uma grande quantidade de embaçamento como dezenas de pixels ou centenas de pixels ou similares. Por exemplo, o tamanho da janela de pixel pode ser descrito como uma largura de embaçamento,  $\sigma$ , de modo que quanto maior for a largura de embaçamento, maior será a quantidade de embaçamento aplicado. Conforme discutido no presente documento, a quantidade de embaçamento necessária em cada pixel pode ser derivada da imagem de diferença 104 ou de uma versão processada da mesma (por exemplo, imagem de diferença de passa-baixa 106) mediante o mapeamento de pixels escuros

para baixo embaçamento ou nenhum embaçamento e pixels mais claros a uma quantidade maior de embaçamento.

[0046] Em outras modalidades, o filtro de espaço variante pode aplicar um embaçamento de espaço variante com base em uma aproximação. Por exemplo, o filtro de espaço variante pode ser aplicado através de uma técnica de aproximação de pirâmide laplaciana conforme é adicionalmente discutido no presente documento. Por exemplo, uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica (cor) 102b e uma pirâmide gaussiana de ponderação com base na imagem de diferença de passa-baixa 106 podem ser geradas. Um produto da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica e da pirâmide gaussiana de ponderação pode ser determinado e o produto (pirâmide) pode ser reconstruído para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. Em alguns exemplos, a técnica de aproximação de pirâmide laplaciana discutida pode ser aplicada independentemente a cada canal de cor da imagem refocalizada básica (cor) 102b para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. Tais técnicas de aproximação podem economizar uma quantidade substancial de recursos de computação. Essa aproximação junto com o mapa de embaçamento aproximado com base na imagem de diferença pode permitir aplicações em tempo real como refocalização durante a pré-visualização do fluxo de vídeo de entrada (por exemplo, busca por vista (viewfinding)). Ademais, tais técnicas de aproximação podem fornecer resultados de alta qualidade na imagem refocalizada final (cor) 108 muito próximos a uma

implantação direta que aplica o kernel de embaçamento de largura espacialmente variante a cada pixel na imagem refocalizada básica.

[0047] Anteriormente foi mencionado que, para estimar o nível de embaçamento, outras informações além da imagem de diferença precisam ser usadas. Em particular, o nível de ruído e o gradiente da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 102a podem ser usados. O propósito da estimativa de nível de ruído é evitar a introdução de qualquer embaçamento extra nas regiões que são selecionadas para estar em foco na imagem refocalizada básica. Um efeito colateral de apuração da média das imagens desviadas é que regiões que estão em foco (para as quais o deslocamento está em alinhamento apropriado com os objetos em diferentes imagens) irá apurar a média de valores de diversas entradas ruidosas (em geral, imagens de entrada serão afetadas por ruído), resultando em valores que são menos afetados por ruído. Portanto, mesmo se tanto a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 como a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a forem muito similares nas regiões que estão em foco, as mesmas irão diferir na quantidade de ruído que afeta as mesmas naquelas regiões pelo efeito colateral anteriormente detalhado de apuração de média. Isso irá gerar diferenças que podem ser evidentes na imagem de diferença 104 e que não são ocasionadas por uma diferença no embaçamento, mas por uma diferença no ruído. Para evitar a introdução e embaçamento nessas regiões, foi estimado o nível de ruído na imagem de

referência totalmente em foco (escala de cinza) 101. Esse nível de ruído pode ser usado de maneira que as diferenças menores que o nível de ruído sejam atribuídas a uma largura de embaçamento de 1 pixel (nenhum embaçamento). Por exemplo, uma forma para alcançar isso é subtrair o nível de ruído da diferença absoluta e, então, definir todos os valores negativos em 0, o que será mapeado para uma largura de embaçamento de 1 pixel (sem embaçamento).

[0048] O propósito do uso do gradiente da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 é evitar embaçamento excessivo em regiões que podem estar ligeiramente desalinhadas antes de apurar a média, mas que têm descontinuidades de intensidade fortes. Essas regiões com ligeiro desalinhamento irão exigir alguma quantidade de embaçamento extra. No caso de as mesmas conterem fortes descontinuidades de borda, até mesmo um pequeno desalinhamento pode produzir uma imagem de diferença forte que irá corresponder a um grande embaçamento que é mais bem evitado (por exemplo, caso contrário, embaçamento indesejável irá ocorrer). O gradiente da imagem de referência totalmente em foco (por exemplo, que pode ser estimado como a raiz quadrada do gradiente em  $x$  quadrado mais o gradiente em  $y$  quadrado) fornece informações sobre regiões com tais fortes descontinuidades de intensidade que podem ser usadas para corrigir a quantidade de embaçamento proporcionada pela imagem de diferença. Uma forma para alcançar isso é por meio da normalização da imagem de diferença por uma versão modificada da imagem de



gradiente em que foi anteriormente adicionada a média da imagem de gradiente para evitar instabilidades numéricas durante a normalização, por exemplo,  $d/(g+meang)$ .

[0049] A Figura 7 ilustra uma imagem refocalizada final exemplificadora 108, disposta de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 7, a imagem refocalizada final 108 inclui um local 701 em que um efeito de embaçamento é desejável e um local 702 em que nenhum efeito de embaçamento é desejável e o foco permanente é, ao invés disso, desejável, conforme discutido acima. Conforme mostrado, o local 701 (e outras áreas de embaçamento na imagem refocalizada final 108) tem um embaçamento esteticamente agradável e substancialmente suave. Ademais, o local 702 (e outras áreas em foco) é substancialmente notável e permanece em foco. Ademais, um contraste pode ser feito entre o local 701 e um local 703 de modo que o local 701 tenha maior efeito de embaçamento em comparação com o local 703. Tal efeito também pode ser esteticamente agradável visto que é esperado que objetos além do ponto ou objeto de interesse conforme mostrado em relação ao local 702 tenham um maior embaçamento (por exemplo, como no local 701) do que aqueles objetos mais próximos ao ponto ou objeto de interesse (por exemplo, como no local 703).

[0050] As técnicas discutidas no presente documento associadas à aproximação de pirâmide laplaciana podem fornecer resultados de imagem esteticamente agradável de qualidade. Ademais, as técnicas podem fornecer processamento substancialmente rápido (por exemplo,

processamento em tempo real). Por exemplo, para uma matriz de câmera de  $2 \times 2$  que fornece imagens de resolução de  $1280 \times 960$  (por exemplo, 1,3 megapixels), o tubo de refocalização discutido (por exemplo, colocação em escala ou retificação de imagem, estimativa de deslocamento para um local de interesse, determinação da imagem refocalizada básica com o uso de uma técnica de desvio e apuração de média, e embaçamento acentuado com o uso das técnicas descritas) pode ser realizado em 16 milissegundos ou menos com o uso de sistemas de computação contemporâneos.

[0051] A Figura 8 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador 800 para fornecer refocalização de imagem, disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 8, o sistema 800 pode incluir o módulo diferenciador 103, o módulo de filtro passa-baixa 105 e o módulo de filtro de espaço variante 107 conforme discutido acima em relação à Figura 1. O sistema 800 também pode incluir um módulo de cor para escala de cinza 802, um módulo de estimativa de nível de ruído 803, um módulo de gradiente 805, um módulo de filtro passa-baixa 807, um módulo de determinação de média 809, um módulo de máscara de nível de ruído 811 e um módulo de máscara de gradiente 812. Ademais, conforme mostrado, o módulo de filtro de espaço variante 107 pode incluir um módulo de pirâmide gaussiana 814, um módulo de pirâmide laplaciana 818, um módulo de computação de peso 816, um módulo de produto 820 e um módulo de reconstrução de pirâmide 821. Em outras modalidades, o

módulo de filtro de espaço variante 107 pode implantar outros módulos para executar as operações discutidas no presente documento. Em alguns exemplos, um ou mais dos módulos discutidos podem ser implantados através de uma ou mais unidades de processamento central como aquelas discutidas no presente documento.

[0052] Conforme mostrado, o módulo de cor para escala de cinza 802 pode receber uma imagem de referência totalmente em foco (cor) 801 e uma imagem refocalizada básica (cor) 102b. A imagem de referência totalmente em foco (cor) 801 pode ser selecionada por usuário ou sistema a partir de múltiplas imagens capturadas através de uma matriz de câmera como as imagens 211 a 214 capturadas através da matriz de câmera 200 conforme discutido no presente documento. Ademais, a imagem refocalizada básica (cor) 102b pode ser determinada com o uso de qualquer técnica de refocalização como uma técnica de desvio e apuração de média conforme discutido no presente documento. O módulo de cor para escala de cinza 802 pode converter a imagem de referência totalmente em foco (cor) 801 e a imagem refocalizada básica (cor) 102b em imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e em imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a, respectivamente, com o uso de qualquer técnica de conversão de cor adequada (por exemplo, um comando `rgba2gray1f`). A imagem de referência totalmente em foco (cor) 801 e a imagem refocalizada básica (cor) 102b podem ser imagens de cor no espaço de cor vermelho verde azul alfa (RGBA), no espaço de cor vermelho verde azul (RGB) ou similares.

[0053] Conforme mostrado, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a podem ser fornecidas para o módulo diferenciador 103, que pode obter uma diferença das imagens para gerar a imagem de diferença 104 com o uso de qualquer técnica adequada como uma diferença de valor absoluta (por exemplo, um comando `absdiff`). A imagem de diferença 104 pode ser fornecida para o módulo de filtro passa-baixa 105, que pode aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença 104 para gerar a imagem de diferença de passa-baixa 106. Em uma modalidade, o módulo de filtro passa-baixa 105 pode realizar reescalonamento descendente a imagem de diferença 104 qualquer quantidade de vezes (por exemplo, através de um comando `pyrDown`) e realizar reescalonamento ascendente através de interpolação a mesma quantidade de vezes (por exemplo, através de um comando `pyrUp`) para gerar a imagem de diferença de passa-baixa 106.

[0054] Também conforme mostrado, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 pode ser fornecida para o módulo de estimativa de nível de ruído 803. Por exemplo, o módulo de estimativa de nível de ruído 803 pode estimar e/ou mapear ruído na imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 para gerar o nível de ruído 804. O nível de ruído 804 pode incluir um ou mais níveis de ruído ou uma máscara de nível de ruído. Por exemplo, o nível de ruído 804 pode indicar aquelas porções da imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a que podem ser, de outro modo,

submetidas a embaçamento indesejável por meio do módulo de filtro de espaço variante 107 (por exemplo, na ausência do nível de ruído 804). Mediante a implantação do nível de ruído 804, o ruído nativo na imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 pode ser usado para evitar de maneira apropriada embaçamento excessivo em regiões em foco devido a diferenças entre os níveis de ruído da imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e da imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a conforme explicado anteriormente.

[0055] Ademais, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 pode ser fornecida para o módulo de gradiente 805. Por exemplo, o módulo de gradiente 805 pode estimar ou avaliar os gradientes na imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 para gerar a imagem de gradiente de referência totalmente em foco 806. A imagem de referência totalmente em foco de gradiente 806 pode ser fornecida para o módulo de filtro passa-baixa 807, que pode aplicar um filtro passa-baixa para gerar o nível de gradiente 808. Em alguns exemplos, o módulo de filtro passa-baixa 807 e o módulo de filtro passa-baixa 105 podem ser o mesmo módulo e, em outros exemplos, os mesmos podem ser implantados de maneira separada. O nível de gradiente 808 pode ser fornecido para o módulo de determinação de média 809, que pode gerar uma média com base no nível de gradiente 808 para gerar um gradiente de média 810. Assim como o nível de ruído 804, o nível de gradiente 808 pode indicar aquelas porções da

imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a que podem, de outro modo, ser submetidas a embaçamento indesejável. Mediante a implantação do nível de gradiente 808 e/ou do gradiente de média 810, bordas ou similares na imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 podem ser usadas para evitar embaçamento excessivo em regiões com fortes bordas para as quais pequenos desalinhamentos podem gerar forte diferença indesejada, conforme discutido no presente documento.

[0056] Continuando com referência à Figura 8, a imagem de diferença de passa-baixa 106 pode ser usada, em parte, para estimar um filtro de espaço variante. Por exemplo, a imagem de diferença de passa-baixa 106 pode ser fornecida para o módulo de máscara de nível de ruído 811 e para o módulo de máscara de gradiente 812, que podem ser implantados juntos ou de modo separado e podem gerar a imagem de diferença de passa-baixa processada 813 que tem efeitos de ruído e gradiente reduzidos. Por exemplo, mediante a redução de efeitos de ruído e gradiente, os efeitos de ruído e descontinuidades de intensidade na imagem de referência totalmente em foco não irão gerar embaçamento adicional indesejado na imagem refocalizada final (cor) 108. O módulo de máscara de nível de ruído 811 também pode receber o nível de ruído 804 e pode aplicar o nível de ruído 804 à imagem de diferença de passa-baixa 106. Por exemplo, a aplicação do nível de ruído 804 pode incluir a subtração do nível de ruído 804 da imagem de diferença de passa-baixa 106 e a limitação de quaisquer valores negativos

resultantes a zero. Por exemplo, valores negativos resultantes podem ser definidos em zero enquanto valores positivos podem ser retidos. Ademais, o módulo de máscara de gradiente 812 também pode receber o nível de gradiente 808 e/ou o gradiente de média 810 e pode aplicar o gradiente de média 810 à imagem de diferença de passa-baixa 106 (ou à imagem resultante da aplicação do nível de ruído 804). Por exemplo, a aplicação do gradiente de média 810 pode incluir a multiplicação da imagem de diferença de passa-baixa 106 pelo gradiente de média 810 e a divisão pelo gradiente de média 810 mais o nível de gradiente 808 (por exemplo,  $\times \text{meang}/(\text{meang} + g)$ ) e a aplicação de um escalonamento subsequente, caso seja necessário. Essa normalização pelo gradiente irá reduzir a imagem de diferença sempre que o gradiente for grande, ajudando a evitar embaçamento excessivo naquelas regiões.

[0057] A imagem de diferença de passa-baixa processada 813 pode ser fornecida para o módulo de pirâmide gaussiana 814, que pode gerar a imagem de diferença de passa-baixa pirâmide processada 815. A imagem de diferença de passa-baixa pirâmide processada 815 pode incluir valores iguais a ou proporcionais à largura de embaçamento,  $\sigma$ , a serem aplicados através do módulo de filtro de espaço variante 107 com base na técnica de aproximação de pirâmide laplaciana discutida e mascarada pelo nível de ruído 804 e/ou pelo nível de gradiente e pelo gradiente de média 810 conforme discutido. Por exemplo, o módulo de filtro de espaço variante 107 pode refinar a imagem refocalizada básica (cor) 102b mediante

a aplicação de mais embaçamento a regiões fora de foco enquanto preserva regiões em foco com base na imagem de diferença 104, na imagem de diferença de passa-baixa 106 e/ou na imagem de diferença de passa-baixa processada 813 de modo que as diferenças menores na imagem de diferença correspondam ao menor embaçamento aplicado e maiores diferenças na imagem de diferença correspondam ao maior embaçamento aplicado. Com o uso das técnicas discutidas, a imagem refocalizada final (cor) 108 pode ter menos, um número menor ou nenhum artefato em comparação com a imagem refocalizada básica (cor) 102b.

[0058] A Figura 9 ilustra uma pirâmide de imagem de diferença de filtro passa-baixa exemplificadora processada 815, disposta de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 9, a pirâmide de imagem de diferença de passa-baixa processada 815 pode incluir uma aproximação da imagem de diferença de passa-baixa processada 813 com base nas imagens de pirâmide 901 a 905, que têm resolução decrescente. Por exemplo, cada uma das imagens de pirâmide 901 a 905 pode ser metade da resolução da imagem precedente de modo que a imagem de pirâmide 902 seja metade da resolução da imagem de pirâmide 901, a imagem de pirâmide 903 seja metade da resolução da imagem de pirâmide 902, e assim em diante. Outras pirâmides, conforme discutido no presente documento, como a pirâmide laplaciana 818, também podem incluir tal estrutura de resolução decrescente.

[0059] Novamente com referência à Figura 8, o módulo de pirâmide laplaciana 818 pode receber a imagem



refocalizada básica (cor) 102b e pode gerar a pirâmide de imagem refocalizada básica 819. Ademais, o módulo de computação de peso 816 pode receber a pirâmide de imagem de diferencial de passa-baixa processada 815 e pode gerar a pirâmide de máscara 817. O módulo de produto 820 pode determinar um produto da pirâmide de imagem refocalizada básica 819 e da pirâmide de máscara 817 e o módulo de reconstrução de pirâmide 821 pode reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108.

[0060] A Figura 10 ilustra um produto exemplificador 1001 da pirâmide de imagem refocalizada básica 819 e da pirâmide de máscara 817, dispostas de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 10, o produto 1001 pode ser determinado com base na pirâmide de imagem refocalizada básica 819 e na pirâmide de máscara 817. Conforme discutido, a pirâmide de máscara 817 pode ser gerada com base na pirâmide de imagem de diferença de passa-baixa processada 815. Em uma modalidade, a pirâmide de máscara 817 é o inverso da pirâmide de imagem de diferença de passa-baixa processada 815. A Figura 10 ilustra os locais 1002, 1003 na pirâmide de imagem refocalizada básica 819, na pirâmide de máscara 817 e no produto 1001. Conforme discutido acima, o local 1002 é associado a uma região em que mais embaçamento é desejável e o local 1003 é associado a uma região em que nenhum embaçamento é desejável (por exemplo, em que o foco deve ser mantido). Conforme mostrado em relação ao local 1003 da pirâmide de máscara 817, os locais da pirâmide de

máscara 817 que são brancos podem ser associados a locais em que nenhum embaçamento deve ser fornecido para a pirâmide de imagem refocalizada básica 819. Ademais, o local 1002 da pirâmide de máscara 917 indica que os locais da pirâmide de máscara 817 que são pretos podem ser associados a locais em que nenhum embaçamento deve ser fornecido para a pirâmide de imagem refocalizada básica 819.

[0061] Em alguns exemplos, a implantação de uma aproximação de pirâmide laplaciana pode substituir a apuração de média de pixel explícita durante a geração ou durante a implantação de uma largura de embaçamento. A implantação de uma aproximação de pirâmide laplaciana de um filtro de espaço variante pode fornecer uma técnica eficaz sob o ponto de vista computacional com uma aproximação de qualidade boa. Por exemplo, a pirâmide laplaciana pode se aproximar ou fornecer uma transformada de Fourier local de modo que, no domínio transformado, a multiplicação ilustrada alcance uma filtração que permita diferentes pesos ou larguras de embaçamento em diferentes locais espaciais das imagens. Tais técnicas apresentam o uso de uma multiplicação relativamente simples sob o ponto de vista computacional para implantar uma aproximação de um filtro de espaço variante.

[0062] Por exemplo, os coeficientes da pirâmide de máscara 817, que também podem ser chamados de pesos conforme discutido no presente documento, são fornecidos de acordo com a largura de embaçamento desejada e com o nível de pirâmide da pirâmide de máscara 817. Por

exemplo, uma pirâmide gaussiana de ponderação pode ser gerada mediante a aplicação de um kernel com uma resposta de frequência circularmente simétrica. Em uma modalidade, um kernel de embaçamento de cilindro pode ser usado. Por exemplo, para gerar os resultados ilustrados na Figura 10, um kernel de embaçamento de cilindro (por exemplo, uma janela de embaçamento circular) pode ser aplicado para gerar a pirâmide de máscara 817. Em uma modalidade, o kernel de embaçamento de cilindro no domínio espacial corresponde a  $J_1(f)/f$ , em que  $J_1$  é uma função de Bessel do primeiro tipo de ordem 1, resposta de frequência. Em outros exemplos, outros kernels podem ser usados para determinar a resposta de frequência como, por exemplo, um kernel gaussiano ou um kernel exponencial, ou similares.

[0063] Ademais, a estrutura de pirâmide da pirâmide de imagem refocalizada básica 819, da pirâmide de máscara 817 e do produto 1001 pode fornecer um efeito maior ou embaçamento eficaz para aqueles pesos aplicados em resoluções inferiores da pirâmide (por exemplo, as menores imagens no exemplo ilustrado) e um efeito menor ou embaçamento eficaz para aqueles pesos aplicados em maiores resoluções da pirâmide (por exemplo, as maiores imagens no exemplo ilustrado). Tal estrutura de pirâmide pode, assim, oferecer implantação eficiente de um filtro de espaço variante.

[0064] Com referência à Figura 8, conforme discutido, o módulo de reconstrução de pirâmide 821 pode reconstruir o produto 1001 para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. Em alguns exemplos, o

módulo de filtro de espaço variante 107 pode ser aplicado de maneira independente a canais de cor da imagem refocalizada básica (cor) 102b através de pirâmide de imagem refocalizada básica 819. Por exemplo, a pirâmide de máscara 817 pode ser gerada com o uso de imagens de escala de cinza (por exemplo, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a) e pode ser aplicada a cada canal de cor (por exemplo, canais de cor RGB) da pirâmide de imagem refocalizada básica 819 pelo módulo de produto 820, em que a(s) pirâmide(s) de produto resultante(s) é reconstruída através do módulo de reconstrução de pirâmide 821 para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108.

[0065] Conforme discutido, em alguns exemplos, um ou mais dos módulos do sistema 800 (por exemplo, o módulo de cor para escala de cinza 802, o módulo diferenciador 103, 805, o módulo de filtro passa-baixa 105, o módulo de estimativa de nível de ruído 803, o módulo de determinação de média 809, o módulo de máscara de nível de ruído 811, o módulo de máscara de gradiente 812 e o módulo de filtro de espaço variante 107 incluindo o módulo de pirâmide gaussiana 814, o módulo de pirâmide laplaciana 818, o módulo de computação de peso 816, o módulo de produto 820 e o módulo de reconstrução de pirâmide 821) podem ser implantados através de uma ou mais unidades de processamento central. Em outros exemplos, os módulos discutidos podem ser implantados através de uma implantação híbrida de unidade de

processamento gráfico/unidade de processamento central (GPU/CPU).

[0066] A Figura 11 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador 1100 para fornecer refocalização de imagem, disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Na Figura 11, círculos ou formados ovais com uma linha única representam módulos implantados através de uma CPU, círculos ou formatos ovais com linhas duplas representam módulos implantados através de uma GPU, quadrados ou retângulos com uma linha simples representam áreas de armazenamentos temporários de memória na memória de sistema, quadrados ou retângulos com linhas duplas representam áreas de armazenamentos temporários de memória na memória de vídeo, e o círculo com a linha tracejada representa um módulo implantado através tanto da CPU como da GPU (de modo que as operações associadas possam ser realizadas através da GPU quando estiver livre e, quando a GPU não estiver livre, as operações associadas possam ser realizadas através da CPU).

[0067] Por exemplo, o sistema 1100 pode incluir o módulo de estimativa de nível de ruído 803 e o módulo de determinação de média 809 implantados através de uma CPU e um módulo de produção de pirâmide de imagem refocalizada 1107 implantado através tanto da CPU como da GPU (de modo que as operações associadas possam ser realizadas através da GPU quando a mesma estiver livre e, quando a GPU não estiver livre, as operações associadas possam ser realizadas através da CPU). Ademais, o sistema 1100 pode incluir um módulo de pré-

processamento 1101, um módulo de filtro passa-baixa 107, um módulo de filtro passa-baixa (e amostra) 807, um módulo de processamento de ruído/gradiente 1105, um módulo de produção de pirâmide de máscara 1106 e um módulo de produção de imagem final 1108.

[0068] Também conforme mostrado, o sistema 1100 pode incluir a imagem refocalizada básica (cor) 102b, a imagem de referência totalmente em foco (cor) 801, a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a, o nível de ruído 804, uma imagem de gradiente de amostra 1103 e o gradiente de média (meang) 810 armazenadas em áreas de armazenamentos temporários de memória na memória de sistema. Ademais, o sistema 1100 pode incluir a imagem de gradiente de referência totalmente em foco 806, a imagem de diferença 104, uma imagem de gradiente 1102, a imagem de diferença de passa-baixa 106, a imagem de diferença de passa-baixa processada 813, a pirâmide de máscara 817 e a pirâmide de imagem refocalizada básica 819 armazenadas em áreas de armazenamentos temporários de memória na memória de vídeo.

[0069] Conforme mostrado na Figura 11, o módulo de pré-processamento 1101 pode receber a imagem refocalizada básica (cor) 102b e a imagem de referência totalmente em foco (cor) 801, e o módulo de pré-processamento 1101 pode gerar a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a, a imagem de gradiente de referência totalmente em foco 806 e a imagem de diferença 104, conforme discutido no presente documento. Em uma modalidade, o módulo de pré-processamento 1101 pode incluir e/ou implantar o módulo de cor para escala

de cinza 802, o módulo de gradiente 805 e/ou o módulo diferenciador 103 conforme discutido no presente documento.

[0070] O módulo de estimativa de nível de ruído 803 pode receber a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e pode gerar o nível de ruído 804 conforme discutido no presente documento. Por exemplo, o módulo de estimativa de nível de ruído 803 pode receber a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e pode armazenar o nível de ruído 804 na memória de sistema. O módulo de filtro passa-baixa (e amostra) 807 pode receber a imagem de gradiente de referência totalmente em foco 806 e pode gerar a imagem de gradiente 1102 e a imagem de gradiente de amostra 1103. Por exemplo, a imagem de gradiente 1102 pode ser armazenada na memória de vídeo e a imagem de gradiente de amostra 1103 pode ser armazenada na memória de sistema. Conforme mostrado, o módulo de determinação de média 809 pode receber a imagem de gradiente de amostra 1103 e pode gerar o gradiente de média (meang) 810 conforme discutido no presente documento.

[0071] Conforme mostrado, o nível de ruído 804, a imagem de gradiente 1102 e o gradiente de média (meang) 810 podem ser fornecidos para o módulo de processamento de ruído/gradiente 1105. Em uma modalidade, o módulo de processamento de ruído/gradiente 1105 pode incluir ou implantar o módulo de máscara de nível de ruído 811 e/ou o módulo de máscara de gradiente 812 conforme discutido no presente documento. Conforme mostrado, o módulo de processamento de ruído/gradiente 1105 pode gerar a

imagem de diferença de passa-baixa processada 813, que pode ser armazenada na memória de vídeo.

[0072] A imagem de diferença de passa-baixa processada 813 pode ser fornecida para o módulo de produção de pirâmide de máscara 1106, que pode implantar ou incluir um módulo de embaçamento como o módulo de computação de peso 816. Ademais, a imagem refocalizada básica (cor) 102b pode ser fornecida para o módulo de produção de pirâmide de imagem refocalizada 1107, que pode implantar ou incluir o módulo de pirâmide laplaciana 818. Por exemplo, o módulo de produção de pirâmide de imagem refocalizada 1107 pode gerar a pirâmide de imagem refocalizada básica 819 com o uso de uma operação de produção laplaciana e/ou qualquer técnica conforme discutido no presente documento. Em uma modalidade, o módulo de produção de pirâmide de imagem refocalizada 1107 pode gerar a pirâmide de imagem refocalizada básica 819 independentemente para cada canal de cor da imagem refocalizada básica (cor) 102b.

[0073] O módulo de produção de imagem final 1108 pode receber a imagem refocalizada básica (cor) 102b e a pirâmide de máscara 817 e pode gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. Por exemplo, o módulo de produção de imagem final 1108 pode determinar um produto da imagem refocalizada básica (cor) 102b e a pirâmide de máscara 817 e pode reconstruir a pirâmide resultante para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108. Por exemplo, as operações de reconstrução e produto discutidas podem ser realizadas independentemente para cada canal de cor da imagem refocalizada final (cor)



108. Em uma modalidade, o módulo de produção de imagem final 1108 pode incluir ou implantar o módulo de produto 820 e/ou o módulo de reconstrução de pirâmide 821.

[0074] As operações discutidas em relação ao sistema 1100 podem ser realizadas qualquer quantidade de vezes em paralelo e/ou em série para gerar qualquer número de imagens refocalizadas finais. Conforme discutido, as imagens refocalizadas finais geradas como a imagem refocalizada final (cor) 108 (favor fazer a referência à Figura 7) podem incluir uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco. As imagens refocalizadas finais podem ser geradas de modo eficiente e rápido (por exemplo, em tempo real) e a região de embaçamento aumentado pode ser suave e substancialmente agradável, sob o ponto de vista estético.

[0075] A Figura 12 é um fluxograma que ilustra um processo exemplificador 1200 para fornecer a refocalização de imagem, disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. O processo 1200 pode incluir uma ou mais operações 1201 a 1203 conforme ilustrado na Figura 12. O processo 1200 pode formar pelo menos parte de um processo de refocalização. A título de exemplo não limitador, o processo 1200 pode formar pelo menos parte de um processo de refocalização para uma ou mais imagens capturadas através de uma matriz de câmera conforme conduzido pelos sistemas 100, 800 ou 1100 conforme discutido no presente documento. Adicionalmente, o

processo 1200 será descrito no presente documento com referência ao sistema 1300 da Figura 13.

[0076] A Figura 13 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador 1300 disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Conforme mostrado na Figura 13, o sistema 1300 pode incluir uma unidade de processamento gráfico (GPU) 1302, uma ou mais unidades de processamento central (CPU) 1301, uma memória de sistema 1303 e uma memória de vídeo 1304. Também conforme mostrado, a CPU 1301 pode incluir um módulo de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica 1305 e a GPU 1302 pode incluir um módulo diferenciador 103 e um módulo de filtro de espaço variante 107. No exemplo do sistema 1300, a memória de sistema 1303 e/ou a memória de vídeo 1304 pode armazenar conteúdo de imagem como imagens de entrada, imagens resultantes finais e/ou quaisquer outros dados de imagem conforme discutido no presente documento.

[0077] A unidade de processamento gráfico 1302 pode incluir qualquer número e tipo de unidades de processamento gráfico que possam fornecer as operações conforme discutido no presente documento. Tais operações podem ser implantadas através de software ou hardware ou uma combinação dos mesmos. Por exemplo, a unidade de processamento gráfico 1302 pode incluir conjunto de circuitos dedicado para manipular imagens obtidas da memória de sistema 1303 e/ou da memória de vídeo 1304. As unidades de processamento central 1301 podem incluir qualquer número e tipo de unidades ou módulos de

processamento que possam fornecer controle e outras funções de alto nível para o sistema 1300. A memória de sistema 1303 e a memória de vídeo 1304 podem ser qualquer tipo de memória como memória volátil (por exemplo, Memória de Acesso Aleatório Estática (SRAM), Memória de Acesso Aleatório Dinâmica (DRAM), etc.) ou memória não volátil (por exemplo, memória flash, etc.), e assim em diante. Em um exemplo não limitador, a memória de sistema 1303 e/ou a memória de vídeo 1304 pode ser implantada por memória cache. Em uma modalidade, o módulo diferenciador 103 e/ou o módulo de filtro de espaço variante 107 pode ser implantado através de uma unidade de execução (EU) da unidade de processamento gráfico 1302. A EU pode incluir, por exemplo, lógica programável ou conjunto de circuitos como um núcleo ou núcleos de lógica que podem fornecer uma ampla matriz de funções de lógica programável. Em uma modalidade, o módulo diferenciador 103 e/ou o módulo de filtro de espaço variante 107 pode ser implantado através de hardware dedicado como conjunto de circuitos de função fixa ou similares. O conjunto de circuitos de função fixa pode incluir lógica dedicada ou conjunto de circuitos e pode fornecer um conjunto de pontos de entrada de função fixa que pode mapear a lógica dedicada para uma função ou propósito fixo.

[0078] Retornando à discussão da Figura 12, o processo 1200 pode começar na operação 1201, “Determinar uma Imagem de Referência Totalmente em Foco e Gerar uma Imagem Refocalizada Básica com base nas Imagens Recebidas através de um Arranjo de Câmera”, em que uma

imagem de referência totalmente em foco e uma imagem refocalizada básica podem ser determinadas com base em uma pluralidade de imagens recebidas através de uma matriz de câmera. Por exemplo, a imagem de referência totalmente em foco (cor) 801, a imagem refocalizada básica (cor) 102b, a imagem de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e/ou a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a podem ser determinadas através do módulo de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica 1305 conforme implantado através da CPU 1301. Em alguns exemplos, o módulo de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica 1305 pode incluir o módulo de cor para escala de cinza 802 e, em outros exemplos, o módulo de cor para escala de cinza 802 pode ser implantado de maneira separada.

[0079] O processamento pode continuar na operação 1202, "Obter uma Diferença da Imagem de Referência Totalmente em Foco e da Imagem Refocalizada Básica para Gerar uma Imagem de Diferença", em que a imagem de referência totalmente em foco e a imagem refocalizada básica podem ser diferenciadas para gerar uma imagem de diferença. Por exemplo, o módulo diferenciador 103 conforme implantado através da GPU 1302 pode a imagem de diferença de referência totalmente em foco (escala de cinza) 101 e a imagem refocalizada básica (escala de cinza) 102a para gerar a imagem de diferença 104.

[0080] O processamento pode continuar na operação 1203, "Aplicar um Filtro de Espaço Variante com Base na Imagem de Diferença à Imagem Refocalizada Básica para

Gerar uma Imagem Refocalizada Final", em que um filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença pode ser aplicado à imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco. Por exemplo, o módulo de filtro de espaço variante 107 conforme implantado através de GPU 1302 pode implantar um filtro de espaço variante na imagem refocalizada básica (cor) 102b para gerar a imagem refocalizada final (cor) 108 que tem uma região ou local 701 de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco (cor) 801 (favor fazer a referência à Figura 7).

[0081] O processo 1200 pode ser repetido qualquer número de vezes em série ou em paralelo para qualquer número de imagens recebidas através de uma matriz de câmera.

[0082] Vários componentes dos sistemas descritos no presente documento podem ser implantados em software, firmware e/ou hardware e/ou qualquer combinação dos mesmos. Por exemplo, vários componentes dos sistemas 100, 800, 1100 ou 1300 podem ser fornecidos, pelo menos em parte, por hardware de um Sistema-em-um-Chip (SoC) computacional como pode ser encontrado em um sistema computacional como, por exemplo, um telefone inteligente. Os versados na técnica podem entender que os sistemas descritos no presente documento podem incluir componentes adicionais que não foram relatados nas Figuras correspondentes. Por exemplo, os sistemas discutidos no presente documento podem incluir

componentes adicionais como módulos multiplexador ou demultiplexador de fluxo de bits e similares que não foram relatados no interesse de clareza.

[0083] Embora a implantação dos processos exemplificadores discutidos no presente documento possa incluir a realização de todas as operações mostradas na ordem ilustrada, a presente revelação não se limita a esse aspecto e, em vários exemplos, a implantação dos processos exemplificadores no presente documento pode incluir apenas um subconjunto das operações mostradas, das operações realizadas em uma ordem diferente daquela ilustrada ou das operações adicionais.

[0084] Além disso, qualquer uma ou mais das operações discutidas no presente documento podem ser realizadas em resposta às instruções fornecidas por um ou mais produtos de programa de computador. Tais produtos de programa podem incluir mídia portadora de sinal que fornece instruções que, quando executadas por, por exemplo, um processador, podem fornecer a funcionalidade descrita no presente documento. Os produtos de programa de computador podem ser fornecidos em qualquer forma de uma ou mais mídias legíveis por máquina. Dessa forma, por exemplo, um processador que inclui uma ou mais unidades de processamento gráfico ou núcleo(s) de processador pode realizar um ou mais dos blocos dos processos exemplificadores no presente documento em resposta a código de programa e/ou instruções ou conjuntos de instrução conduzidos para o processador por uma ou mais mídias legíveis por máquina. Em geral, um meio legível por máquina pode conduzir software sob a

forma de código de programa e/ou instruções ou conjuntos de instrução que pode fazer com que qualquer um dos dispositivos e/ou sistemas descritos no presente documento implante pelo menos porções dos sistemas 100, 800, 1100 ou 1300, ou qualquer outro módulo ou componente conforme discutido no presente documento.

[0085] Conforme usado em qualquer implantação descrita no presente documento, o termo “módulo” se refere a qualquer combinação de lógica de software, lógica de firmware, lógica de hardware e/ou conjunto de circuitos configurado para fornecer a funcionalidade descrita no presente documento. O software pode ser incorporado como um pacote de software, código e/ou conjunto de instruções ou instruções, e “hardware”, conforme usado em qualquer implantação descrita no presente documento, pode incluir, por exemplo, unicamente ou em qualquer combinação, conjunto de circuitos conectado por fio, conjunto de circuitos programáveis, conjunto de circuitos de máquina de estado, conjunto de circuitos de função fixa, conjunto de circuitos de unidade de execução e/ou firmware que armazena instruções executadas por conjunto de circuitos programáveis. Os módulos podem, coletiva ou individualmente, ser incorporados como conjunto de circuitos que forma parte de um sistema maior, por exemplo, um circuito integrado (IC), sistema em placa (SoC) e assim por diante.

[0086] A Figura 14 é um diagrama ilustrativo de um sistema exemplificador 1400 disposto de acordo com pelo menos algumas implantações da presente revelação. Em várias implantações, o sistema 1400 pode ser um sistema

de mídia, embora o sistema 1400 não seja limitado a esse contexto. Por exemplo, o sistema 1400 pode ser incorporado a um computador pessoal (PC), computador do tipo laptop, computador do tipo ultralaptop, computador do tipo tablet, elemento sensível ao toque, computador portátil, computador de mão, computador do tipo palmtop, assistente digital pessoal (PDA), telefone celular, combinação telefone celular/PDA, televisão, dispositivo inteligente (por exemplo, telefone inteligente, computador do tipo tablet inteligente ou televisão inteligente), dispositivo de internet móvel (MID), dispositivo de mensagens, dispositivo de comunicação de dados, câmeras (por exemplo, câmeras do tipo aponte e atire (point and shoot), câmeras de superampliação, câmeras de reflexo de lente única digitais (DSLR)) e assim em diante.

[0087] Em várias implantações, o sistema 1400 inclui uma plataforma 1402 acoplada a uma tela 1420. A plataforma 1402 pode receber conteúdo de um dispositivo de conteúdo como o(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 ou o(s) dispositivo(s) de distribuição de conteúdo 1440 ou de outras fontes de conteúdo similares. Conforme mostrado, em alguns exemplos, o sistema 1400 pode incluir a matriz de câmera 200 e plataforma 1402 pode receber imagens como as imagens 211 a 214 da matriz de câmera 200 conforme discutido no presente documento. Um controlador de navegação 1450 que inclui um ou mais recursos de navegação pode ser usado para interagir com, por exemplo, a plataforma 1402 e/ou com a tela 1420.



Cada um desses componentes é descrito em maiores detalhes abaixo.

[0088] Em várias implantações, o sistema 1400 pode exibir imagem refocalizada final (cor) em tempo real (por exemplo, na tela 1420) 108 obtida com o uso do método proposto para uma região de interesse selecionada pelo usuário, permitindo a aplicação do tempo real de efeito devido à velocidade da implantação aproximada do método, durante a busca de vista ou a pré-visualização do fluxo de vídeo de entrada. Por exemplo, tal apresentação em tempo real pode fornecer busca de vista ou pré-visualização interativa para um usuário.

[0089] Em várias implantações, a plataforma 1402 pode incluir qualquer combinação de um conjunto de chips 1405, um processador 1410, uma memória 1412, uma antena 1413, um armazenamento 1414, um subsistema de gráficos 1415, aplicações 1416 e/ou um rádio 1418. O conjunto de chips 1405 pode fornecer intercomunicação entre o processador 1410, a memória 1412, o armazenamento 1414, o subsistema de gráficos 1415, as aplicações 1416 e/ou o rádio 1418. Por exemplo, o conjunto de chips 1405 pode incluir um adaptador de armazenamento (não mostrado) com capacidade para fornecer intercomunicação com o armazenamento 1414.

[0090] O processador 1410 pode ser implantado conforme um processador de um Computador com um Conjunto Complexo de Instruções (CISC) ou um Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções (RISC), processadores com um conjunto compatível de instruções x86, de múltiplos núcleos, ou qualquer outro microprocessador ou unidade

de processamento central (CPU). Em várias implantações, o processador 1410 pode ser processador(es) de núcleo duplo, processador(es) móvel(is) de núcleo duplo e assim em diante.

[0091] A memória 1412 pode ser implantada como um dispositivo de memória volátil tal como, mas não limitado a isso, uma Memória de Acesso Aleatório (RAM), um Memória de Acesso Aleatório Dinâmico (DRAM) ou uma RAM estática (SRAM).

[0092] O armazenamento 1414 pode ser implantado como um dispositivo de armazenamento não volátil tal como, mas não limitado a isso, uma unidade de disco magnético, unidade de disco óptico, unidade de fita, um dispositivo de armazenamento interno, um dispositivo de armazenamento fixado, memória flash, uma SDRAM alimentada por bateria (DRAM sincronizada), e/ou um dispositivo de armazenamento de acesso à rede. Em várias implantações, o armazenamento 1414 pode incluir tecnologia para aumentar o desempenho de armazenamento de proteção melhorada para mídia digital valiosa quando múltiplos discos rígidos são incluídos, por exemplo.

[0093] O subsistema de gráficos 1415 pode realizar o processamento de imagens tal como imagem fixa ou vídeo para o visor. O subsistema de gráficos 1415 pode ser uma unidade de processamento de gráficos (GPU) ou uma unidade de processamento visual (VPU), por exemplo. Uma interface analógica ou digital pode ser usada para acoplar o subsistema de gráficos 1415 e a tela 1420 de forma comunicativa. Por exemplo, a interface pode ser qualquer Interface de Multimídia de Alta Definição,

DisplayPort, HDMI sem fio e/ou técnicas compatíveis de HD sem fio. O subsistema de gráficos 1415 pode ser integrado ao processador 1410 ou ao conjunto de chips 1405. Em algumas implantações, o subsistema de gráficos 1415 pode ser uma placa independente acoplada de forma comunicativa ao conjunto de chips 1405.

[0094] As técnicas de processamento de gráficos e/ou vídeo descritas neste documento podem ser implantadas em várias arquiteturas de hardware. Por exemplo, a funcionalidade de gráficos e/ou vídeo pode ser integrada a um conjunto de chips. Alternativamente, um processador distinto de gráficos e/ou vídeo pode ser usado. Como ainda outra implantação, as funções de gráficos e ou vídeo podem ser fornecidas por um processador de propósito geral que inclui um processador de múltiplos núcleos. Em modalidades adicionais, as funções podem ser implantadas em um dispositivo eletrônico de consumidor.

[0095] O rádio 1418 pode incluir um ou mais rádios com capacidade para transmitir e receber sinais com o uso de várias técnicas apropriadas de comunicação sem fio. Tais técnicas podem envolver comunicações através de um ou mais redes sem fio. Exemplos de redes sem fio incluem (mas não se limitam a,) redes sem fio de área local (WLANs), redes sem fio de área pessoal (WPANs), rede sem fio de área metropolitana (WMANs), redes de celular e redes de satélite. Ao comunicar-se através de tais redes, o rádio 1418 pode operar de acordo com um ou mais padrões aplicáveis em qualquer versão.

[0096] Em várias implantações, a tela 1420 pode incluir qualquer tipo de monitor de televisão ou tela. A

tela 1420 pode incluir, por exemplo, uma tela de visor de computador, uma tela sensível ao toque, um monitor de vídeo, um dispositivo semelhante à televisão e/ou uma televisão. A tela 1420 pode ser digital e/ou analógica. Em várias implantações, a tela 1420 pode ser uma tela holográfica. Além disso, a tela 1420 pode ser uma superfície transparente que pode receber uma projeção visual. Tais projeções podem transmitir várias formas de informações, imagens e/ou objetos. Por exemplo, tais projeções podem ser uma sobreposição visual para uma aplicação de realidade móvel aumentada (MAR). Sob o controle de uma ou mais aplicações de software 1416, a plataforma 1402 pode exibir a interface de usuário 1422 na tela 1420.

[0097] Em várias implantações, o(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 pode ser acolhido por qualquer serviço nacional, internacional e/ou independente e, dessa forma, ser acessíveis à plataforma 1402 através da Internet, por exemplo. O(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 pode ser acoplado à plataforma 1402 e/ou à tela 1420. A plataforma 1402 e/ou o(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 podem ser acoplados à rede 1460 para comunicar (por exemplo, enviar e/ou receber) informações de mídia para e a partir da rede 1460. O(s) dispositivo(s) de distribuição de conteúdo 1440 pode também ser acoplado à plataforma 1402 e/ou à tela 1420.

[0098] Em várias implantações, o(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 pode incluir uma caixa de televisão a cabo, computador pessoal, rede, telefone,

dispositivos de Internet habilitada ou aparelhos com capacidade para distribuir informações digitais e/ou conteúdo e qualquer outro dispositivo similar com capacidade para comunicar conteúdo de modo unidirecional ou de modo bidirecional entre os fornecedores de conteúdo e a plataforma 1402 e/ou a tela 1420 através de rede 1460 ou diretamente. Pode ser observado que o conteúdo pode ser comunicado de modo unidirecional e/ou de modo bidirecional e a partir de qualquer um dos componentes no sistema 1400 e em um fornecedor de conteúdo através de rede 1460. Exemplos de conteúdo podem incluir quaisquer informações de mídia, incluindo, por exemplo, vídeo, música, informações médicas e sobre jogos e assim por diante.

[0099] O(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 pode receber conteúdo tal como programação de TV a cabo que inclui informações de mídia, informações digitais e/ou outro conteúdo. Exemplos de fornecedores de conteúdo podem incluir quaisquer fornecedores de conteúdo de televisão a cabo ou satélite ou rádio ou Internet. Os exemplos fornecidos não se destinam a limitar as implantações de acordo com a presente revelação de maneira alguma.

[00100] Em várias implantações, a plataforma 1402 pode receber sinais de controle a partir do controlador de navegação 1450 que tem um ou mais recursos de navegação. Os recursos de navegação do controlador 1450 podem ser usados para interagir com a interface de usuário 1422, por exemplo. Em várias modalidades, o controlador de navegação 1450 pode ser um dispositivo apontador que

pode ser um componente de hardware de computador (especificamente, um dispositivo de interface humana) que permite a um usuário inserir dados espaciais (por exemplo, contínuos e multidimensionais) em um computador. Muitos sistemas como as interfaces gráficas de usuário (GUI) e televisões e monitores permitem ao usuário controlar e fornecer dados ao computador ou televisão com o uso de gestos físicos.

[00101] Movimentos de recursos de navegação do controlador 1450 podem ser replicados em uma tela (por exemplo, a tela 1420) por movimentos de um ponteiro, cursor, anéis de focagem ou outros indicadores visuais exibidos no visor. Por exemplo, sob o controle das aplicações de software 1416, os recursos de navegação localizados no controlador de navegação 1450 podem ser mapeados para os recursos de navegação virtual exibidos na interface de usuário 1422, por exemplo. Em modalidades, o controlador 1450 pode não ser um componente separado, mas pode ser integrado à plataforma 1402 e/ou à tela 1420. A presente revelação, entretanto, não se limita aos elementos ou ao contexto apresentados ou aqui descritos.

[00102] Em várias implantações, acionadores (não mostrados) podem incluir tecnologia para habilitar usuários a instantaneamente ligar e desligar a plataforma 1402 como uma televisão com o toque de um botão após a inicialização, quando habilitado, por exemplo. Lógica de programa pode permitir que plataforma 1402 transmita conteúdo aos adaptadores de mídia ou outro(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 ou

dispositivo(s) de distribuição de conteúdo 1440 mesmo quando a plataforma estiver “desligada”. Além disso, o conjunto de chips 1405 pode incluir suporte de hardware e/ou software para áudio com som surround 5.1 e/ou áudio com som surround 7.1 de alta definição, por exemplo. Os acionadores podem incluir um acionador de gráficos para plataformas gráficas integradas. Em várias modalidades, o acionador de gráficos pode compreender uma placa de Interconexão Expressa de Componentes Periféricos (PCIe).

[00103] Em várias implantações, qualquer um ou mais dos componentes mostrados no sistema 1400 podem ser integrados. Por exemplo, a plataforma 1402 e o(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 podem ser integrados, ou a plataforma 1402 e o(s) dispositivo(s) de distribuição de conteúdo 1440 podem ser integrados, ou a plataforma 1402, o(s) dispositivo(s) de serviços de conteúdo 1430 e o(s) dispositivo(s) de distribuição de conteúdo 1440 podem ser integrados, por exemplo. Em várias modalidades, a plataforma 1402 e a tela 1420 podem ser uma unidade integrada. A tela 1420 e o(s) dispositivo(s) de serviço de conteúdo 1430 podem ser integrados ou a tela 1420 e o(s) dispositivo(s) de distribuição de conteúdo 1440 podem ser integrados, por exemplo. Esses exemplos não se destinam a limitar a presente revelação.

[00104] Em várias modalidades, o sistema 1400 pode ser implantado como um sistema sem fio, um sistema com fio ou uma combinação de ambos. Quando implantado como um sistema sem fio, o sistema 1400 pode incluir componentes e interfaces apropriadas para comunicação através de uma

mídia compartilhada sem fio, tal como uma ou mais antenas, transmissores, receptores, transceptores, amplificadores, filtros, lógica de controle e assim por diante. Um exemplo de mídia compartilhada sem fio pode incluir porções de um espectro sem fio, tal como o espectro RF e assim por diante. Quando implantado como um sistema com fio, o sistema 1400 pode incluir componentes e interfaces adaptados para comunicação através mídia de comunicações com fio, tal como entrada/saída (I/O) de adaptadores, conectores físicos para conectar o adaptador I/O a um meio de comunicações com fio correspondente, uma placa de interface de rede (NIC), controlador de disco, controlador de vídeo, controlador de áudio e semelhantes. Exemplos de mídia de comunicações com fio podem incluir um fio, cabo, filetes de metal, placa de circuito impresso (PCB), painel traseiro, malha de comutação, material semicondutor, fio de par trançado, cabo coaxial, fibras ópticas e assim por diante.

[00105] A plataforma 1402 pode estabelecer um ou mais canais físicos ou lógicos para comunicar informações. As informações podem incluir informações de mídia e controle de informações. Informações de mídia podem se referir a quaisquer dados que representem conteúdos destinados a um usuário. Exemplos de conteúdo podem incluir, por exemplo, dados de uma conversa com voz, videoconferência, vídeo de transmissão contínua, mensagem por correio eletrônico ("e-mail"), mensagem por correio de voz, símbolos alfanuméricos, gráficos, imagem, vídeo, texto e assim por diante. Os dados de uma



conversação de voz podem ser, por exemplo, informações de discurso, períodos de silêncio, ruído de fundo, ruído de conforto, tons e assim por diante. O controle de informações pode se referir a quaisquer dados que representam comandos, instruções ou palavras de controle destinados a um sistema automatizado. Por exemplo, o controle de informações pode ser usado para encaminhar as informações de mídia através de um sistema ou instruir um nó a processar as informações de mídia de uma maneira predeterminada. As modalidades, entretanto, não se limitam aos elementos ou ao contexto mostrado ou descrito na Figura 14.

[00106] Conforme descrito acima, o sistema 1400 pode ser moldado em vários estilos físicos ou fatores de forma. A Figura 15 ilustra implantações de um dispositivo 1500 de pequeno fator de forma no qual o sistema 1500 pode ser moldado. Em modalidades, por exemplo, o dispositivo 1500 pode ser implantado como um dispositivo de computação móvel que tem recursos sem fio. Um dispositivo de computação móvel pode se referir a qualquer dispositivo que tem um sistema de processamento e uma fonte de energia ou suprimento, tal como uma ou mais baterias, por exemplo. Em alguns exemplos, dispositivo 1500 pode incluir uma matriz de câmera (por exemplo, a matriz de câmera 200) e/ou pode receber imagens (por exemplo, as imagens 211 a 214) através de uma matriz de câmera (por exemplo, a matriz de câmera 200) conforme discutido no presente documento.

[00107] Conforme descrito acima, exemplos de um dispositivo de computação móvel podem incluir um

computador pessoal (PC), um computador do tipo laptop, um computador do tipo ultra laptop, um computador do tipo tablet, um elemento sensível ao toque, um computador portátil, um computador de mão, um computador do tipo palmtop, um assistente digital pessoal (PDA), um telefone celular, uma combinação telefone celular/PDA, uma televisão, um dispositivo inteligente (por exemplo, telefone inteligente, computador do tipo tablet inteligente ou televisão inteligente), dispositivo de internet móvel (MID), dispositivo de mensagem, dispositivo de comunicação de dados, câmeras (por exemplo, câmeras do tipo aponte e dispare (point and shoot), câmeras de superampliação, câmeras de reflexo de lente única digitais (DSLR)) e assim em diante.

[00108] Exemplos de um dispositivo de computação móvel também podem incluir computadores que são montados para serem usados junto ao corpo por uma pessoa, tais como um computador de pulso, computador de dedo, computador de anel, computador de óculos, computador de cinto, computador de braçadeira, computadores de sapato, computadores de vestuário e outros computadores para serem usados junto ao corpo. Em várias modalidades, por exemplo, um dispositivo de computação móvel pode ser implantado como um telefone inteligente com capacidade de executar aplicações de computador assim como comunicações de voz e/ou comunicações de dados. Embora algumas modalidades possam ser descritas com um dispositivo de computação móvel implantado como um telefone inteligente como exemplo, pode ser observado que outras modalidades também podem ser implantadas com

o uso de outros dispositivos móveis de computação sem fio. As modalidades não são limitadas nesse contexto.

[00109] Conforme mostrado na Figura 15, o dispositivo 1500 pode incluir um alojamento 1502, uma tela 1504, um dispositivo de entrada/saída (I/O) 1506 e uma antena 1508. O dispositivo 1500 também pode incluir recursos de navegação 1512. A tela 1504 pode incluir qualquer unidade de visor adequada para exibir a informações adequadas para um dispositivo de computação móvel. O dispositivo I/O 1506 pode incluir qualquer dispositivo I/O adequado para inserir informações em um dispositivo de computação móvel. Exemplos de dispositivo I/O 1506 podem incluir um teclado alfanumérico, um teclado numérico, um elemento sensível ao toque, teclas de ação, botões, interruptores, interruptores de duas posições, microfones, alto-falantes, dispositivo de reconhecimento de voz e software e assim por diante. As informações também podem ser inseridas no dispositivo 1500 por meio do microfone (não mostrado). Tais informações podem ser digitalizadas por um dispositivo de reconhecimento de voz (não mostrado). As modalidades não são limitadas nesse contexto.

[00110] Várias modalidades podem ser implantadas com o uso de elementos de hardware, elementos de software ou uma combinação de ambos. Exemplos de elementos de hardware podem incluir processadores, microprocessadores, circuitos, elementos de circuito (por exemplo, transistores, resistores, capacitores, indutores e assim por diante), circuitos integrados, circuitos integrados de aplicação específica (ASIC),

dispositivos lógicos programáveis (PLD), processadores de sinal digital (DSP), arranjo de portas programável em campos (FPGA), portas lógicas, registradores, dispositivo semicondutor, chips, microchips, chipsets e assim por diante. Os exemplos de software podem incluir componentes de software, programas, aplicativos, programas de computador, programas de aplicativo, programas de sistema, programas de máquina, software de sistema operacional, middleware, firmware, módulos de software, rotinas, sub-rotinas, funções, métodos, procedimentos, interfaces de software, interfaces de programa de aplicativo (API), conjuntos de instruções, código de computação, código de computador, segmentos de código, segmentos de código de computador, palavras, valores, símbolos ou qualquer combinação dos mesmos. Determinar se uma modalidade é implantada com o uso de elementos de hardware e/ou elementos de software pode variar de acordo com qualquer quantidade de fatores, como taxa computacional desejada, níveis de potência, tolerâncias de calor, orçamento de ciclo de processamento, taxas de dados de entrada, taxas de dados de saída, recursos de memória, velocidades de barramento de dados e outras restrições de projeto ou desempenho.

[00111] Um ou mais aspectos de pelo menos uma modalidade podem ser implantados por instruções representativas armazenadas em um meio legível por máquina que representa várias lógicas no processador, que, quando lidas por uma máquina, fazem com que a máquina fabrique lógica para desempenhar as técnicas descritas no presente documento. Tais representações,

conhecidas como “núcleos de IP” podem ser armazenadas em um meio legível por máquina tangível e abastecidas para vários clientes ou instalações de fabricação para carregar nas máquinas de fabricação que realmente produzem a lógica ou o processador.

[00112] Embora determinados recursos apresentados neste documento sejam descritos em relação a várias implantações, essa descrição não se destina a ser entendida em um sentido limitante. Portanto, várias modificações das implantações descritas neste documento, assim como outras implantações que são evidentes àqueles versados na técnica, aos quais a presente revelação diz respeito, são consideradas como situadas no caráter e escopo da presente revelação.

[00113] Os exemplos a seguir pertencem às modalidades adicionais.

[00114] Em uma ou mais primeiras modalidades, um método implantado por computador para fornecer a refocalização de imagem compreende determinar uma imagem de referência totalmente em foco e gerar uma imagem refocalizada básica com base em uma pluralidade de imagens recebidas através de uma matriz de câmera, obter uma diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica para gerar uma imagem de diferença, e aplicar um filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença à imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco.

[00115] Além das primeiras modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante com base na imagem de diferença compreende aumentar o embaçamento em uma quantidade maior em uma primeira região do que em uma segunda região da imagem refocalizada básica, em que a primeira região é associada a uma primeira diferença na imagem de diferença e a segunda região é associada a uma segunda diferença na imagem de diferença, e em que a primeira diferença é maior que a segunda diferença.

[00116] Além das primeiras modalidades, o método compreende adicionalmente aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa, em que a aplicação do filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença compreende aplicar o filtro de espaço variante com base na imagem de diferença de passa-baixa.

[00117] Além das primeiras modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante compreende aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

[00118] Além das primeiras modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante compreende aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana, em que a aplicação do filtro de espaço variante com base na aproximação de pirâmide laplaciana compreende gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada

básica, e reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final.

[00119] Além das primeiras modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante compreende aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana, em que a aplicação do filtro de espaço variante com base na aproximação de pirâmide laplaciana compreende gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final, e o método compreende adicionalmente aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa, gerar uma máscara de nível de ruído e uma máscara de gradiente com base na imagem de referência totalmente em foco, e aplicar o máscara de nível de ruído e a máscara de gradiente à imagem de diferença de passa-baixa para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa processada que tem efeitos de ruído e gradiente reduzidos, em que a pirâmide de máscara é gerada com base na imagem de diferença de passa-baixa processada.

[00120] Além das primeiras modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante compreende aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana, em que a aplicação do filtro de espaço variante com base na aproximação de pirâmide laplaciana compreende gerar uma pirâmide laplaciana de imagem

refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final, em que a geração da pirâmide de máscara compreende aplicar um kernel com uma resposta de frequência circularmente simétrica.

[00121] Além das primeiras modalidades, o filtro de espaço variante compreende pelo menos uma dentre uma máscara de nível de ruído ou uma máscara de gradiente.

[00122] Além das primeiras modalidades, a obtenção da diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica compreende obter a diferença de versões de escala de cinza da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica.

[00123] Além das primeiras modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante à imagem refocalizada básica compreende aplicar o filtro de espaço variante a cada canal de cor da imagem refocalizada básica de maneira independente.

[00124] Além das primeiras modalidades, a obtenção da diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica compreende obter a diferença de versões de escala de cinza da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica e/ou em que a aplicação do filtro de espaço variante à imagem refocalizada básica compreende aplicar



o filtro de espaço variante a cada canal de cor da imagem refocalizada básica de maneira independente.

[00125] Além das primeiras modalidades, a imagem de referência totalmente em foco compreende uma dentre a pluralidade de imagens, e em que a determinação da imagem refocalizada básica compreende desviar a pluralidade remanescente de imagens baseadas em um deslocamento associado a uma profundidade desejada e apurar a média da imagem de referência totalmente em foco e das imagens desviadas para gerar a imagem refocalizada básica.

[00126] Em uma ou mais segundas modalidades, um sistema para fornecer a refocalização de imagem em um dispositivo de computação compreende uma unidade de processamento central acoplada à memória, em que a unidade de processamento central compreende um conjunto de circuitos de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica configurado para determinar uma imagem de referência totalmente em foco e gerar uma imagem refocalizada básica com base em uma pluralidade de imagens recebidas através de uma matriz de câmera e uma unidade de processamento gráfico acoplada à memória, em que a unidade de processamento gráfico compreende conjunto de circuitos de diferenciador configurado para obter uma diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica para gerar uma imagem de diferença e um conjunto de circuitos de filtro de espaço variante configurado para aplicar um filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença à

imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco.

[00127] Além das segundas modalidades, a unidade de processamento gráfico compreende adicionalmente um conjunto de circuitos de filtro passa-baixa configurado para aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa, em que o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante que é configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença compreende o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base na imagem de diferença de passa-baixa.

[00128] Além das segundas modalidades, o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante é configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

[00129] Além das segundas modalidades, o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante é configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana e a unidade de processamento gráfico compreende adicionalmente um conjunto de circuitos de pirâmide configurado para gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica e uma pirâmide gaussiana de ponderação com base na imagem de diferença, um conjunto de circuitos de produto configurado para

determinar um produto da pirâmide gaussiana de ponderação e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e um conjunto de circuitos de reconstrução de pirâmide configurado para reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final.

[00130] Além das segundas modalidades, o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante é configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana e a unidade de processamento gráfico compreende adicionalmente um conjunto de circuitos de pirâmide configurado para gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica e uma pirâmide gaussiana de ponderação com base na imagem de diferença, um conjunto de circuitos de produto configurado para determinar um produto da pirâmide gaussiana de ponderação e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e um conjunto de circuitos de reconstrução de pirâmide configurado para reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final, em que o conjunto de circuitos de pirâmide é configurado para gerar a pirâmide gaussiana de ponderação com base em um kernel com uma resposta de frequência circularmente simétrica.

[00131] Além das segundas modalidades, o conjunto de circuitos de diferenciador é configurado para obter a diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica com base em versões de escala de cinza da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica, e em que o

conjunto de circuitos de filtro de espaço variante é configurado para aplicar o filtro de espaço variante a cada canal de cor da imagem refocalizada básica de maneira independente.

[00132] Além das segundas modalidades, o filtro de espaço variante compreende pelo menos uma dentre uma máscara de nível de ruído ou uma máscara de gradiente.

[00133] Além das segundas modalidades, o conjunto de circuitos de diferenciador é configurado para obter a diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica com base em versões de escala de cinza da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica.

[00134] Além das segundas modalidades, o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante é configurado para aplicar o filtro de espaço variante a cada canal de cor da imagem refocalizada básica de maneira independente.

[00135] Além das segundas modalidades, a imagem de referência totalmente em foco compreende uma dentre a pluralidade de imagens, e em que um conjunto de circuitos de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica é configurado para determinar a imagem refocalizada básica por meio do conjunto de circuitos de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica que é configurado para desviar a pluralidade remanescente de imagens com base em um deslocamento associado a uma profundidade desejada e apurar a média da imagem de referência totalmente em

foco e das imagens desviadas para gerar a imagem refocalizada básica.

[00136] Além das segundas modalidades, o sistema compreende adicionalmente uma tela configurada para exibir a imagem refocalizada final em tempo real para um usuário.

[00137] Em uma ou mais terceiras modalidades, um sistema para fornecer a refocalização de imagem em um dispositivo de computação compreende meios para determinar uma imagem de referência totalmente em foco e gerar uma imagem refocalizada básica com base em uma pluralidade de imagens recebidas através de uma matriz de câmera, obter uma diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica para gerar uma imagem de diferença, e meios para aplicar um filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença à imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco.

[00138] Além das terceiras modalidades, os meios para aplicar o filtro de espaço variante compreendem meios para aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

[00139] Além das terceiras modalidades, o sistema compreende adicionalmente meios para gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, meios para gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, meios para determinar um produto da pirâmide de máscara

e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e meios para reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final.

[00140] Além das terceiras modalidades, o sistema compreende adicionalmente meios para gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, meios para gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, meios para determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, meios para reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final, meios para aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa, meios para gerar uma máscara de nível de ruído e uma máscara de gradiente com base na imagem de referência totalmente em foco, e meios para aplicar a máscara de nível de ruído e a máscara de gradiente à imagem de diferença de passa-baixa para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa processada que tem efeitos de ruído e gradiente reduzidos, em que a pirâmide de máscara é gerada com base na imagem de diferença de passa-baixa processada.

[00141] Em uma ou mais quartas modalidades, pelo menos um meio legível por máquina compreende uma pluralidade de instruções que, em resposta à execução em um dispositivo de computação, fazem com que o dispositivo de computação forneça a refocalização de imagem por meio das etapas de gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem

de diferença, determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final.

[00142] Além das quartas modalidades, a aplicação do filtro de espaço variante compreende aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

[00143] Além das quartas modalidades, o meio legível por máquina compreende adicionalmente instruções que fazem com que o dispositivo de computação forneça a refocalização de imagem mediante a geração de uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, mediante a geração de uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, mediante a determinação de um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, e mediante a reconstrução do produto para gerar a imagem refocalizada final.

[00144] Além das quartas modalidades, o meio legível por máquina compreende adicionalmente instruções que fazem com que o dispositivo de computação forneça a refocalização de imagem por meio das etapas de gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final, aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar

uma imagem de diferença de passa-baixa, gerar uma máscara de nível de ruído e uma máscara de gradiente com base na imagem de referência totalmente em foco, e aplicar a máscara de nível de ruído e a máscara de gradiente à imagem de diferença de passa-baixa para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa processada que tem efeitos de ruído e gradiente reduzidos, em que a pirâmide de máscara é gerada com base na imagem de diferença de passa-baixa processada.

[00145] Além das quartas modalidades, o meio legível por máquina compreende adicionalmente instruções que fazem com que o dispositivo de computação forneça a refocalização de imagem por meio das etapas de gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica, gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença, determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica, reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final, aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa, gerar uma máscara de nível de ruído e uma máscara de gradiente com base na imagem de referência totalmente em foco, e aplicar a máscara de nível de ruído e a máscara de gradiente à imagem de diferença de passa-baixa para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa processada que tem efeitos de ruído e gradiente reduzidos, em que a pirâmide de máscara é gerada com base na imagem de diferença de passa-baixa processada, em que a geração da



pirâmide de máscara compreende aplicar um kernel com uma resposta de frequência circularmente simétrica.

[00146] Além das quartas modalidades, o filtro de espaço variante compreende pelo menos uma dentre uma máscara de nível de ruído ou uma máscara de gradiente.

[00147] Além das quartas modalidades, a obtenção da diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica compreende obter a diferença de versões de escala de cinza da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica e em que a aplicação do filtro de espaço variante à imagem refocalizada básica compreende aplicar o filtro de espaço variante a cada canal de cor da imagem refocalizada básica de maneira independente.

[00148] Em uma ou mais quintas modalidades, pelo menos um meio legível por máquina pode incluir uma pluralidade de instruções que, em resposta à execução em um dispositivo de computação, fazem com que o dispositivo de computação realize um método de acordo com qualquer uma das modalidades acima.

[00149] Em uma ou mais sextas modalidades, um aparelho pode incluir meios para realizar um método de acordo com qualquer uma das modalidades acima.

[00150] Será entendido que as modalidades não são limitadas pelas modalidades assim descritas, mas podem ser praticadas com modificação e com alteração sem que se afaste do escopo das reivindicações anexas. Por exemplo, as modalidades acima podem incluir uma combinação específica de recursos. No entanto, as modalidades acima não se limitam a esse aspecto e, em

várias implantações, as modalidades acima pode incluir a realização apenas de um subconjunto de tais recursos, a realização de uma ordem diferente de tais recursos, a realização de uma combinação diferente de tais recursos e/ou a realização de recursos adicionais além daqueles recursos mencionados de maneira explícita. O escopo das modalidades deveria, portanto, ser determinado com referência às reivindicações anexas, em conjunto com o escopo completo de equivalentes ao qual tais reivindicações são designadas.

### **REIVINDICAÇÕES**

1. Método implementado por computador para fornecer refocalização de imagem, **caracterizado** por compreender:

determinar uma imagem de referência totalmente em foco e gerar uma imagem refocalizada básica com base em uma pluralidade de imagens recebidas através de uma matriz de câmera;

obter uma diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica para gerar uma imagem de diferença;

aplicar um filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença à imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco; e

em que a aplicação do filtro de espaço variante com base na imagem de diferença compreende aumentar o embaçamento em uma quantidade maior em uma primeira região do que em uma segunda região da imagem refocalizada básica, em que a primeira região é associada a uma primeira diferença na imagem de diferença e a segunda região é associada a uma segunda diferença na imagem de diferença, e em que a primeira diferença é maior que a segunda diferença.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente:

aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-

baixa, em que a aplicação do filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença compreende aplicar o filtro de espaço variante com base na imagem de diferença de passa-baixa.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a aplicação do filtro de espaço variante compreende aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a aplicação do filtro de espaço variante com base na aproximação de pirâmide laplaciana compreende:

gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada básica;

gerar uma pirâmide de máscara com base na imagem de diferença;

determinar um produto da pirâmide de máscara e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica; e

reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente:

aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa;

gerar uma máscara de nível de ruído e uma máscara de gradiente com base na imagem de referência totalmente em foco; e

aplicar a máscara de nível de ruído e a máscara de gradiente à imagem de diferença de passa-baixa para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa processada que tem efeitos de ruído e gradiente reduzidos, em que a pirâmide de máscara é gerada com base na imagem de diferença de passa-baixa processada.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que a geração da pirâmide de máscara compreende aplicar um kernel com uma resposta de frequência circularmente simétrica.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a obtenção da diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica compreende obter a diferença de versões de escala de cinza da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica e/ou em que a aplicação do filtro de espaço variante à imagem refocalizada básica compreende aplicar o filtro de espaço variante a cada canal de cor da imagem refocalizada básica de maneira independente.

8. Sistema para fornecer refocalização de imagem em um dispositivo de computação, **caracterizado** por compreender:

uma memória configurada para armazenar dados de imagem;

uma unidade de processamento central acoplada à memória, em que a unidade de processamento central compreende:

um conjunto de circuitos de determinação de imagem de referência e de imagem refocalizada básica configurado para determinar uma imagem de referência totalmente em foco e para gerar uma imagem refocalizada básica com base em uma pluralidade de imagens recebida através de uma matriz de câmera; e

uma unidade de processamento gráfico acoplada à memória, em que a unidade de processamento gráfico compreende:

um conjunto de circuitos de diferenciador configurado para obter uma diferença da imagem de referência totalmente em foco e da imagem refocalizada básica para gerar uma imagem de diferença; e

conjunto de circuitos de filtro de espaço variante configurado para aplicar um filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença à imagem refocalizada básica para gerar uma imagem refocalizada final que tem uma região de embaçamento aumentado em relação à imagem de referência totalmente em foco;

em que a aplicação do filtro de espaço variante com base na imagem de diferença compreende aumentar o embaçamento em uma quantidade maior em uma primeira região do que em uma segunda região da imagem refocalizada básica, em que a primeira região é

associada a uma primeira diferença na imagem de diferença e a segunda região é associada a uma segunda diferença na imagem de diferença, e em que a primeira diferença é maior que a segunda diferença.

9. Sistema, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a unidade de processamento gráfico compreende adicionalmente:

um conjunto de circuitos de filtro passa-baixa configurado para aplicar um filtro passa-baixa à imagem de diferença para gerar uma imagem de diferença de passa-baixa, em que o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante que é configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base pelo menos em parte na imagem de diferença compreende o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base na imagem de diferença de passa-baixa.

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de circuitos de filtro de espaço variante é configurado para aplicar o filtro de espaço variante com base em uma aproximação de pirâmide laplaciana.

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que a unidade de processamento gráfico compreende adicionalmente:

um conjunto de circuitos de pirâmide configurado para gerar uma pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica com base na imagem refocalizada

básica e uma pirâmide gaussiana de ponderação com base na imagem de diferença;

um conjunto de circuitos de produto configurado para determinar um produto da pirâmide gaussiana de ponderação e da pirâmide laplaciana de imagem refocalizada básica; e

um conjunto de circuitos de reconstrução de pirâmide configurado para reconstruir o produto para gerar a imagem refocalizada final.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de circuitos de pirâmide é configurado para gerar a pirâmide gaussiana de ponderação com base em um kernel com uma resposta de frequência circularmente simétrica.



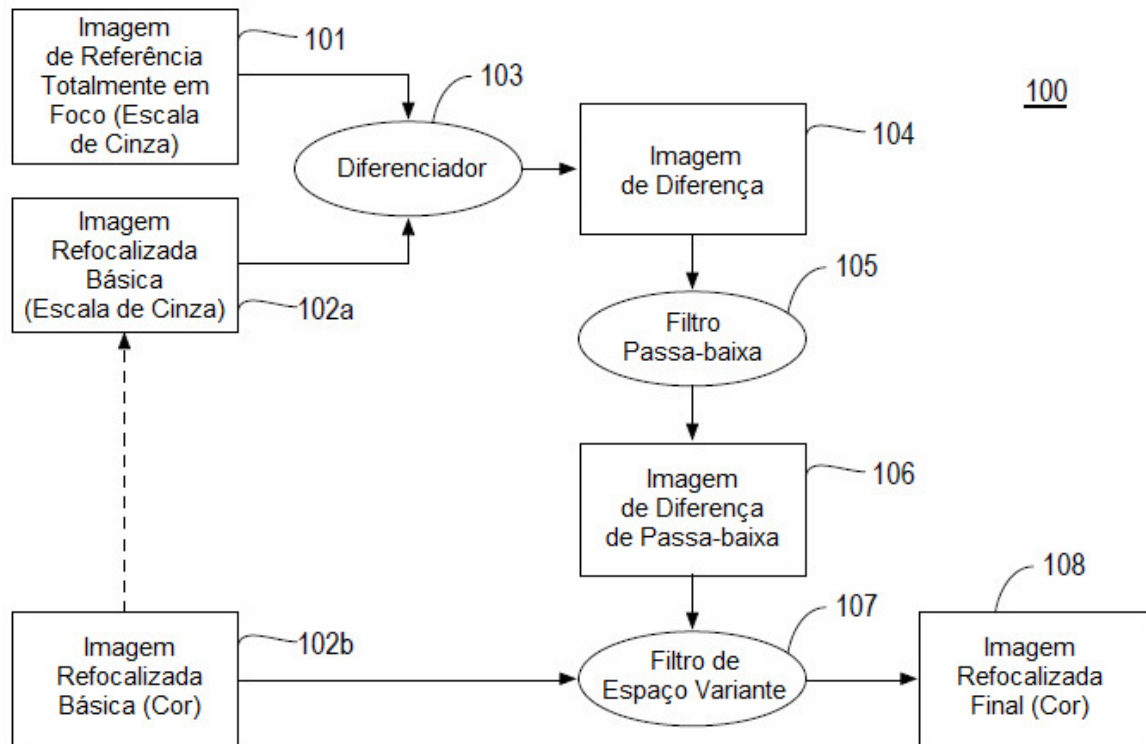


FIG. 1

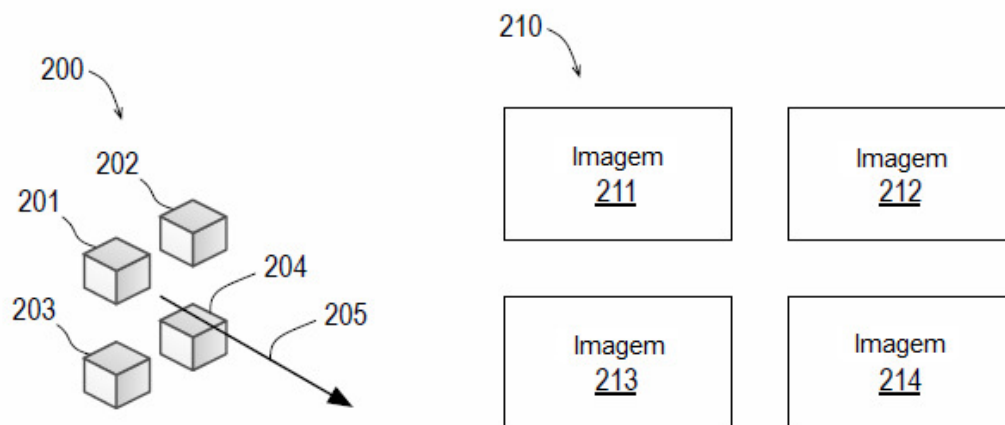
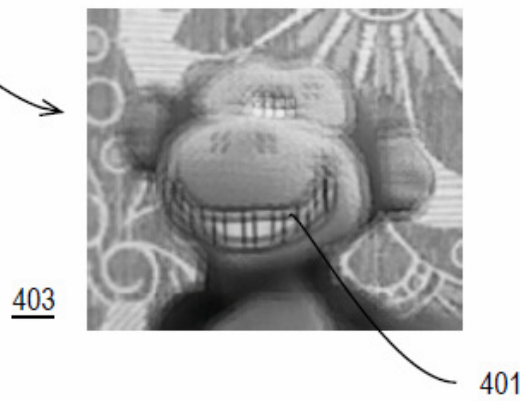
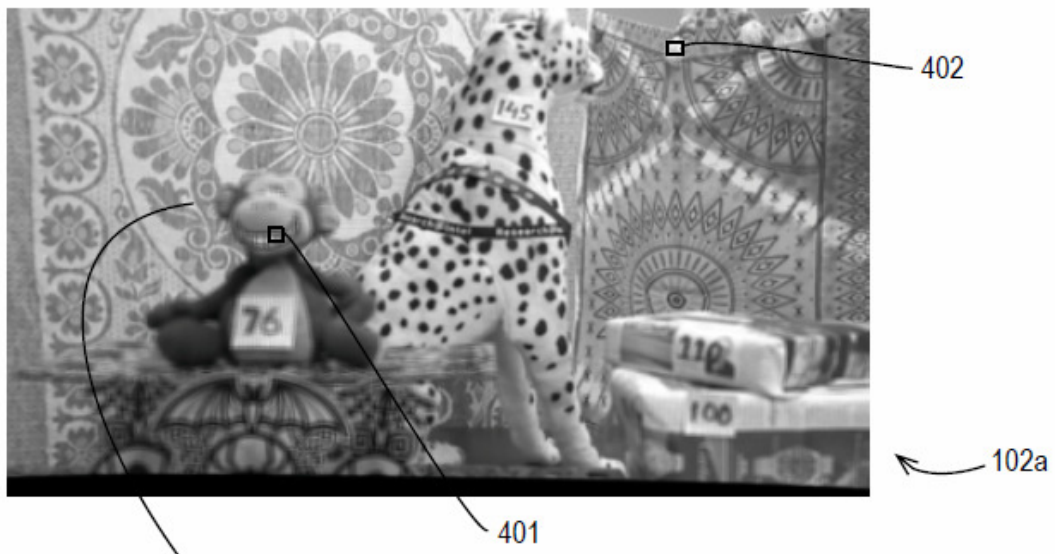
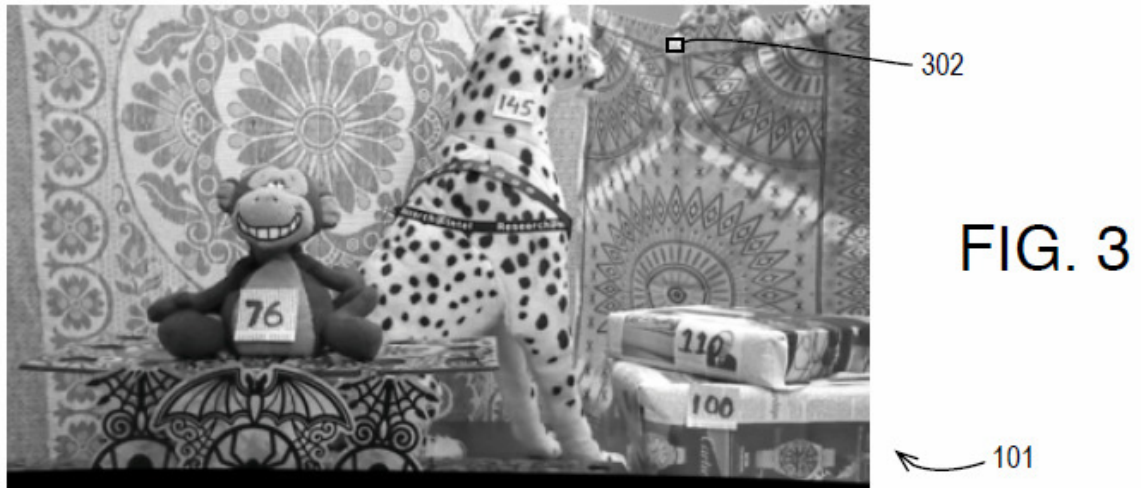
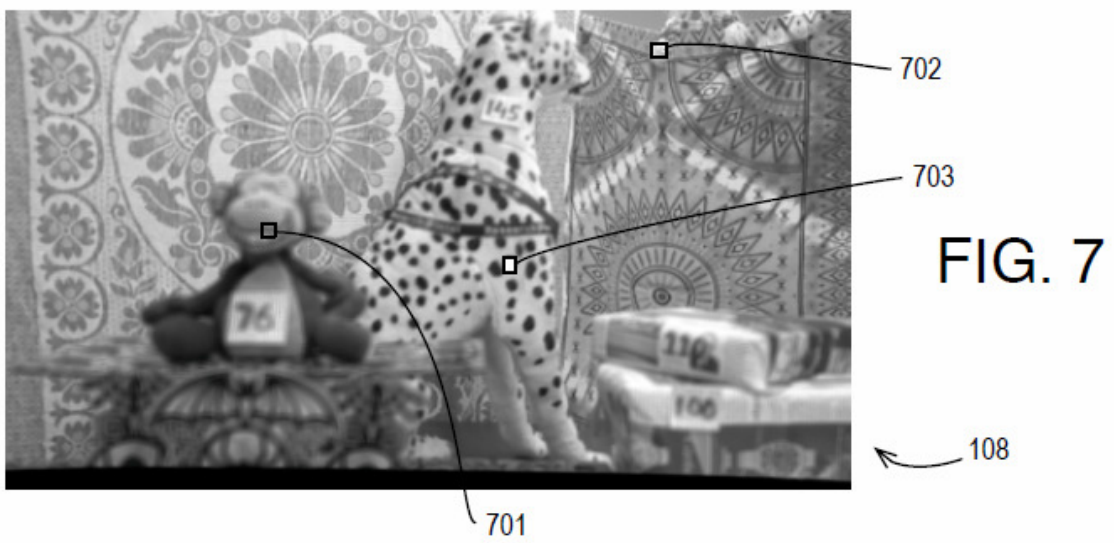
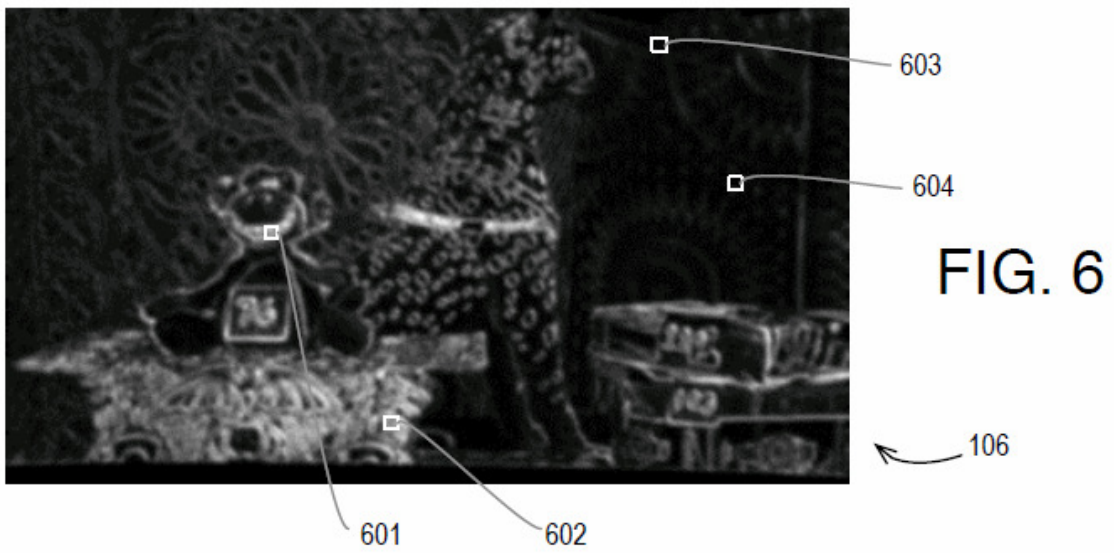
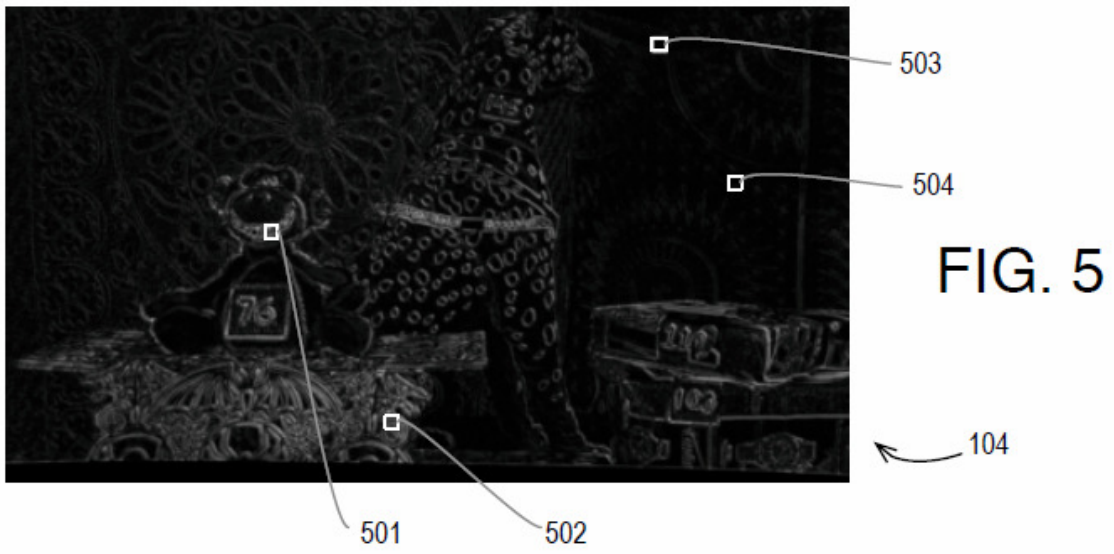


FIG. 2





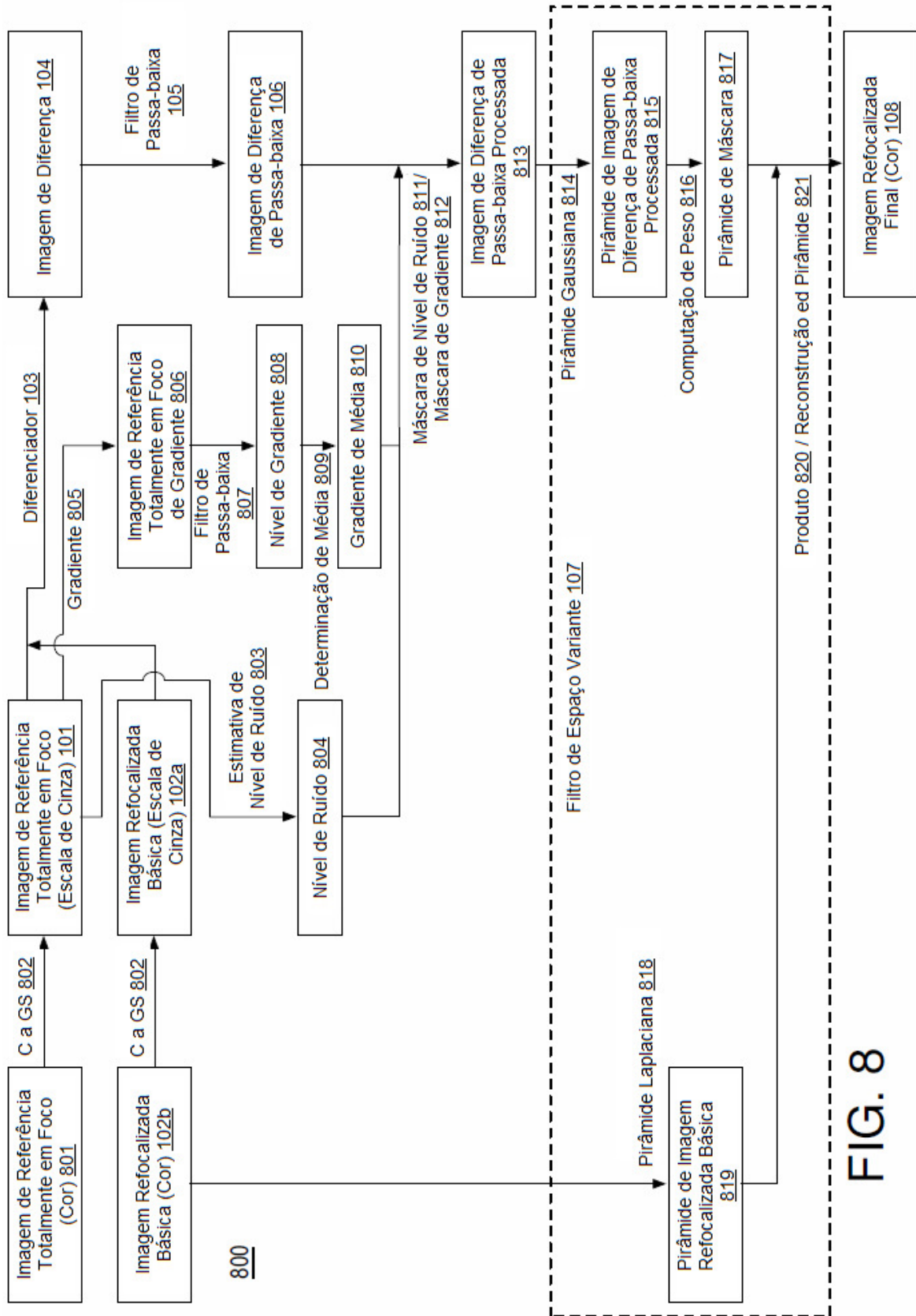


FIG. 8

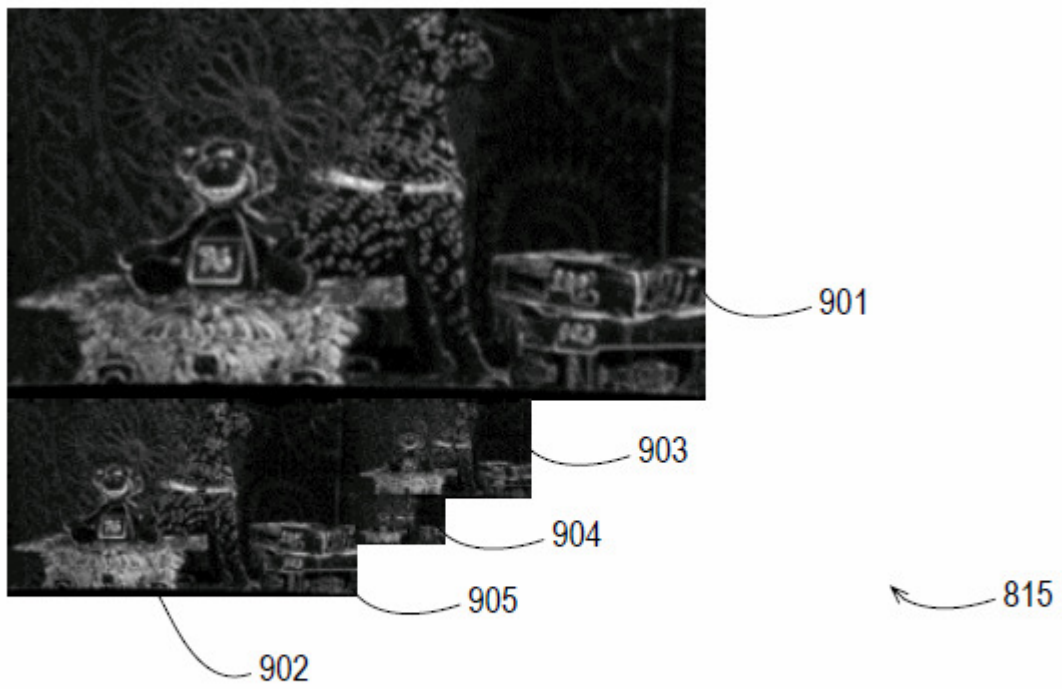
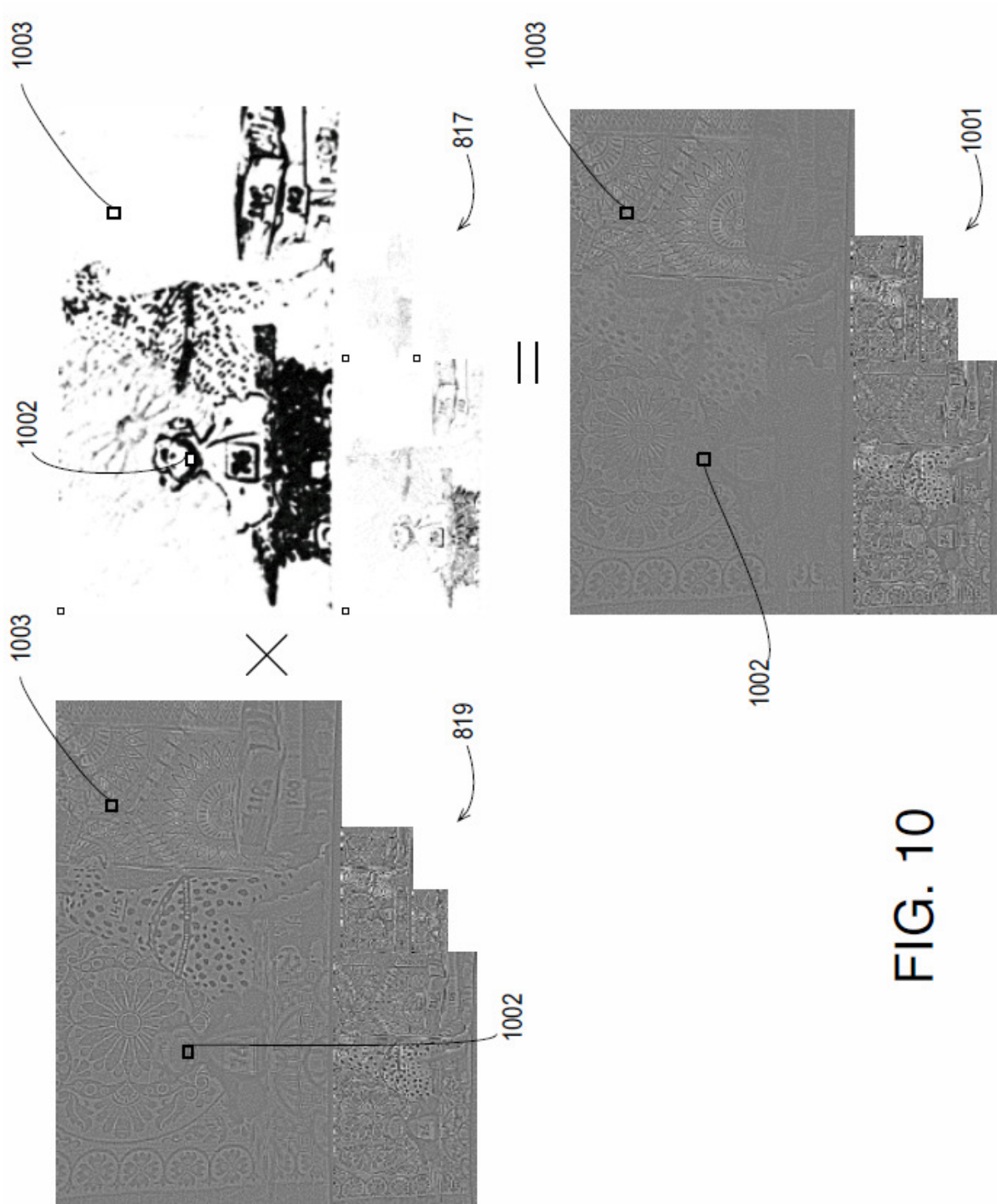
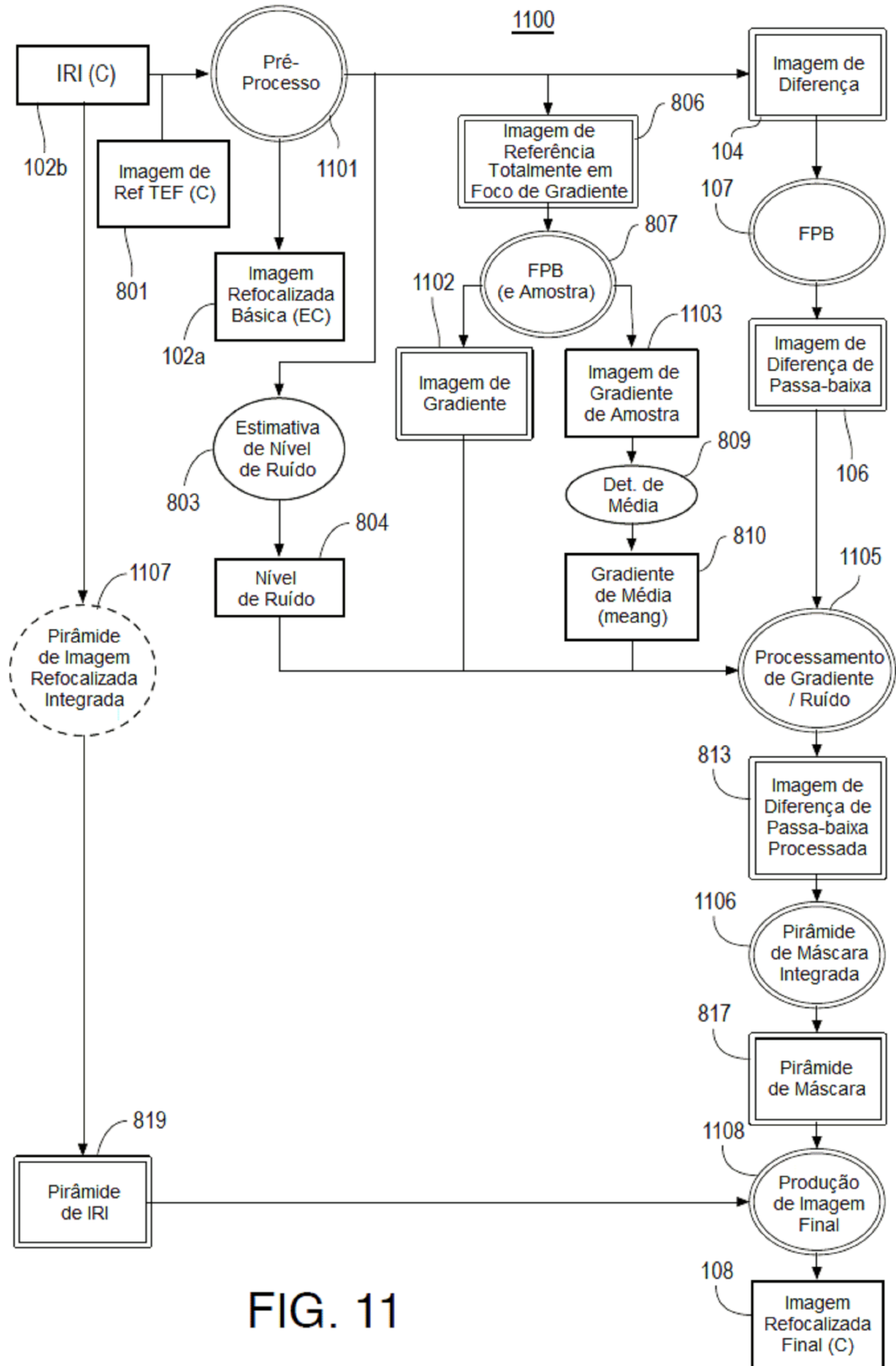


FIG. 9







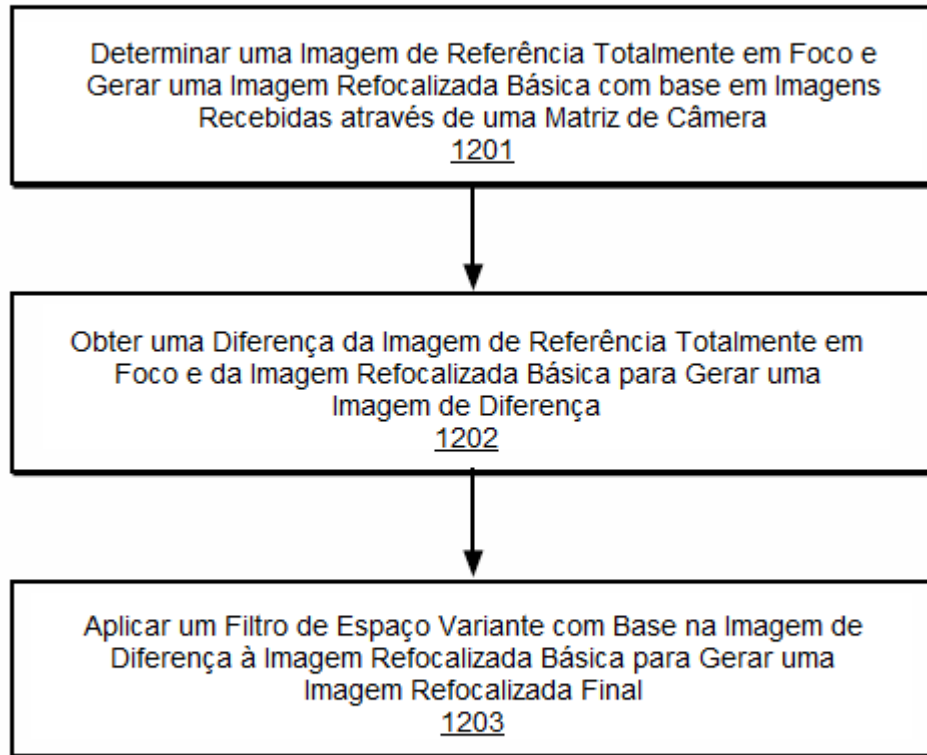
1200

FIG. 12



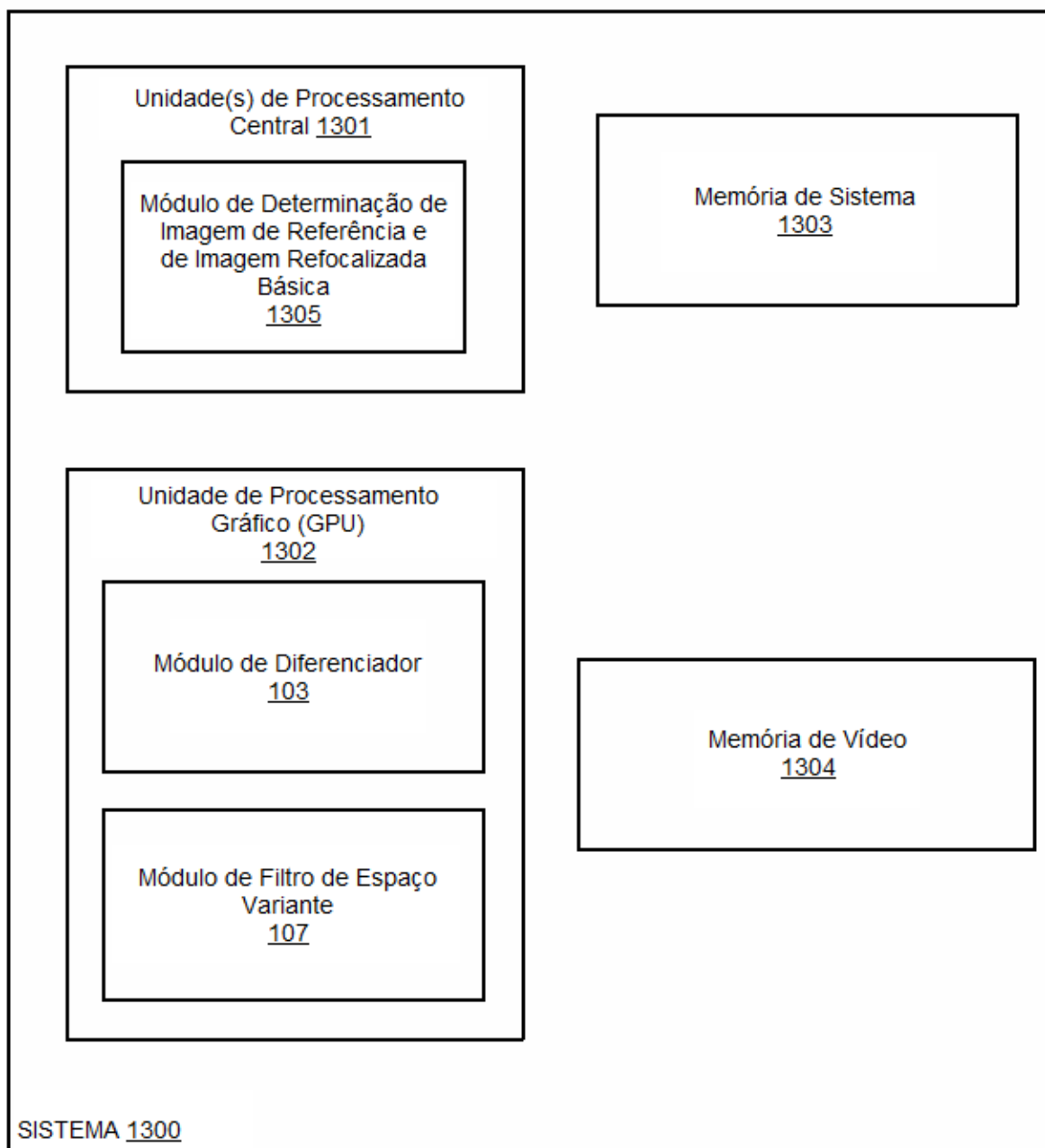


FIG. 13

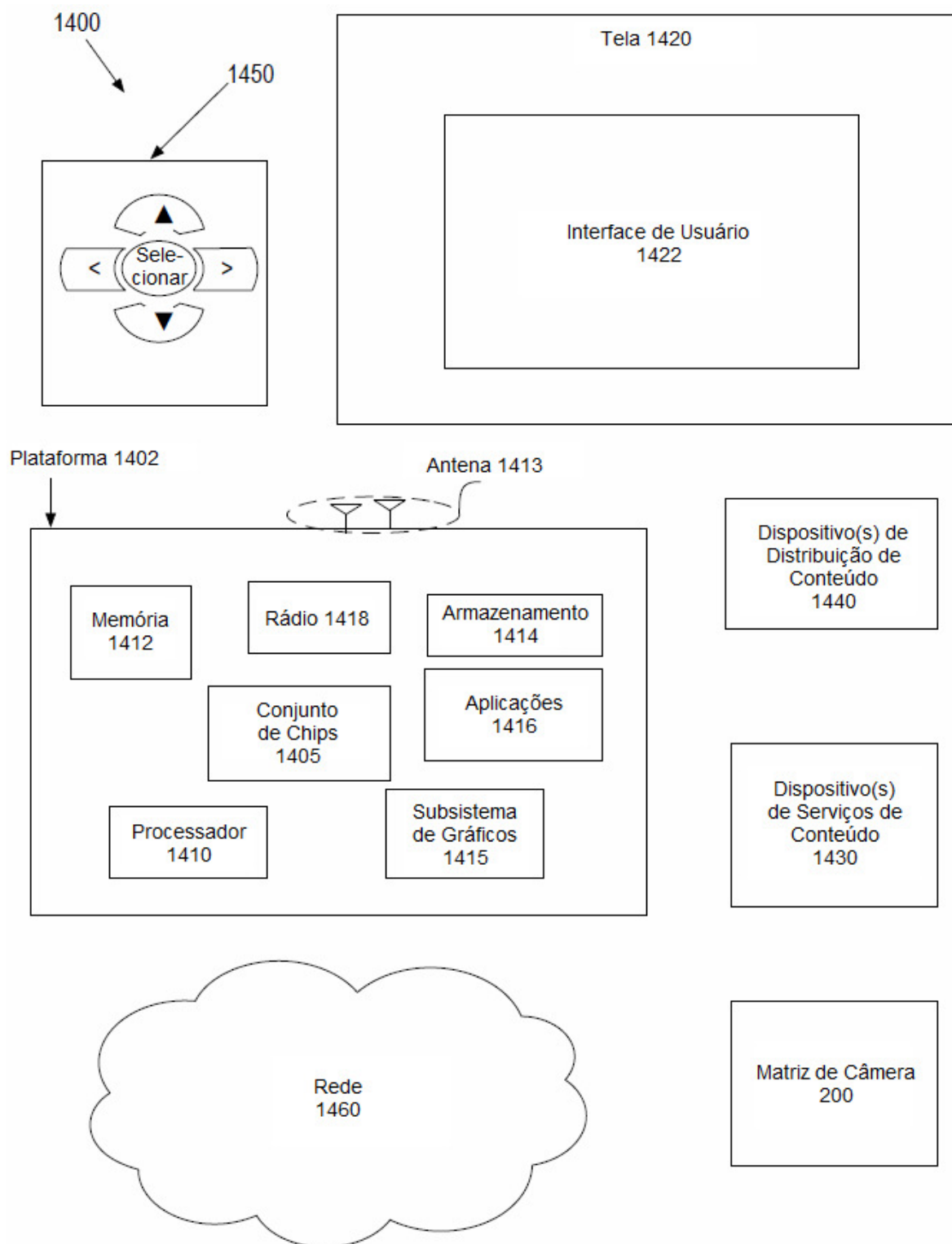


FIG. 14

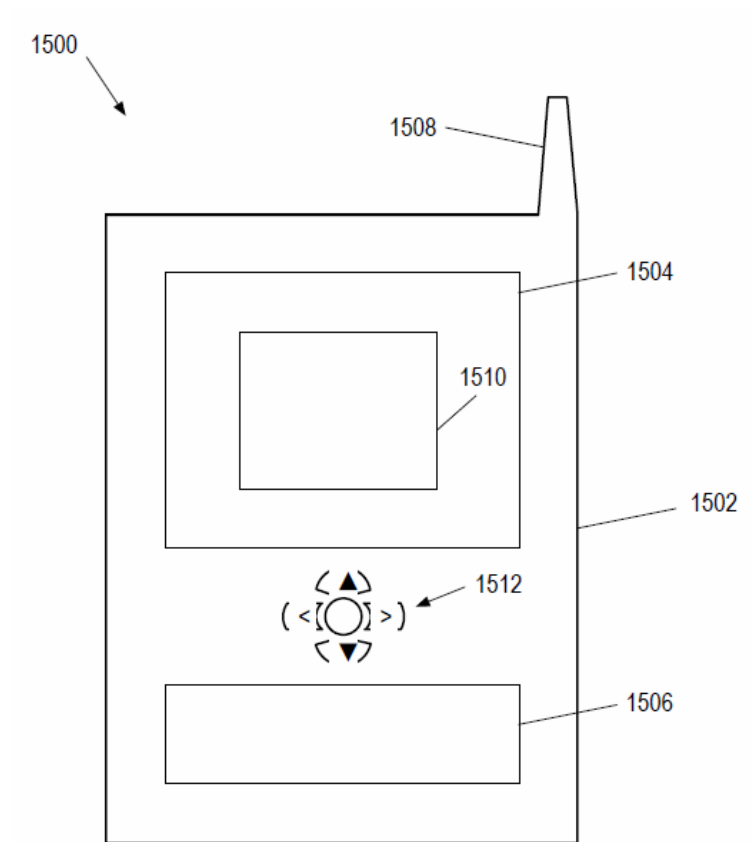


FIG. 15