DIGITALIZAÇÃO PARAMETRIZADA DE OBJETOS TRIDIMENSIONAIS UTILIZANDO SCANNER 3D E RECONHECIMENTO DE PADRÕES GEOMÉTRICOS

Victor P. Begha (PIBIC/Fundação Araucária), Alceu de Souza Britto Jr. (Orientador), e-mail: alceubritto@gmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa / Departamento de Informática

Área: Ciência da Computação; Metodologia e Técnicas da Computação

Palavras-chave: Processamento de imagens, CAD, visão computacional.

Resumo

Da mesma maneira que, na indústria, na ciência e em várias outras áreas, é possível usar sistemas computacionais para auxiliar na concepção de produtos que podem ser fabricados fisicamente, é também possível realizar o processo inverso, digitalizando objetos reais e transformando-os em modelos computadorizados. Um scanner 3D é uma ferramenta aplicável a um grande conjunto de situações.

Esta pesquisa trabalhou com o estudo da digitalização 3D, verificando cada passo do processo, definindo sub-rotinas otimizadas e comparando diferentes técnicas. Essa análise foi realizada a partir dos elementos teóricos do processo, seguindo para definição dos recursos de hardware para obtenção das imagens usadas, e o processamento dessas imagens para obter o modelo tridimensional.

Trabalhos futuros podem se basear nesses métodos e refinar a digitalização com técnicas mais avançadas de processamento de imagens e visão computacional.

Introdução

Uma área que cresce na computação é o desenho assistido por computador – CAD, ou computer aided design. Sistemas de CAD são usados para projetos variados na automação, na engenharia mecânica, na construção civil, na arte, medicina, educação, etc. Ao passo que é possível criar formas computadorizadas que então são produzidas fisicamente, o complemento natural é transformar objetos reais em modelos digitais que podem então ser analisados, modificados e reproduzidos.

Um scanner 3D capaz de obter modelos precisos é uma ferramenta útil para inúmeras aplicações. Digitalizando um objeto físico, é possível, por exemplo, fazer alterações no modelo resultante, arquivar a forma desse objeto, criar visualizações – enfim, é uma tecnologia que pode se mostrar tão importante quanto a própria impressão 3D. Contudo, existem obstáculos. Muitas implementações envolvem tecnologias proprietárias e são pouco acessíveis. Existem projetos que buscam usar hardware de baixo custo e software Open-Source, porém são menos sofisticados.

O objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver métodos de representação para digitalizar objetos tridimensionais de forma parametrizada. Para tal, consideraram-se os seguintes objetivos específicos: (i) avaliar o desempenho dos métodos de digitalização 3D atuais; (ii) desenvolver os recursos para capturar as informações visuais de um objeto, com base em tecnologias Open Source; (iii) investigar a viabilidade da aplicação de técnicas de processamento de imagens; (iv) transformar as formas obtidas em modelos manipuláveis por softwares de CAD.

Materiais e Métodos

Para compreender como funciona a digitalização tridimensional, é necessário saber o que caracteriza a representação de um modelo 3D em um computador, para a partir disso entender que tipo de informação precisa ser obtida do objeto real. O primeiro conceito a ser considerado é que, embora os modelos finais tenham três dimensões, câmeras são capazes de capturar imagens bidimensionais. Então o primeiro passo é caracterizar uma forma 3D a partir de imagens 2D.

Uma forma está inserida em um espaço vetorial com três dimensões, ou um espaço R3. Seu modelo é uma malha (mesh), uma série de polígonos unidos que configuram uma forma (FOLEY et al., 2013, p. 187). Já que procura-se trabalhar com imagens 2D, essa malha deve ser subdividida em um conjunto de perfis; teoricamente, se uma malha 3D é “cortada” em 360 ou mais secções, a união de todas elas voltará a ser o objeto 3D original. Uma rotação proporcionará uma série de perfis que, juntos, formam uma representação aproximada do objeto analisado.

Percebe-se que a base para “traduzir” um objeto em informações visuais que podem ser tratadas computacionalmente é através da divisão de um objeto em vários elementos geométricos. O processo pode ser dividido em:

- Divisão do objeto 3D em um conjunto de perfis 2D;
- Obtenção da forma do contorno do objeto em cada uma dessas imagens;
- Transformação de cada contorno em um conjunto de pontos;
- Construção do modelo 3D final ao unir todas as coordenadas desses pontos.

No caso deste projeto, são estudados métodos baseados em processamento de imagens através da plataforma OpenCV. É necessário também projetar um scanner adaptado ao método, sendo proposto um modelo de implementação do hardware.

A partir desses procedimentos, pode-se definir os elementos mínimos que o scanner exige. Primeiramente, uma câmera para obtenção das imagens, e uma plataforma rotatória onde o objeto possa ser visto a diferentes ângulos. A porção mais importante é a demarcação do contorno do objeto: usa-se um laser, o qual cria uma área distinta da imagem, representando o contorno naquele perfil.

Nesse momento, deve-se determinar o controle do sistema. Foram estudadas duas possibilidades: através da plataforma Arduino ou por um dispositivo Raspberry Pi. O uso de um microcontrolador do tipo Arduino faria com que o scanner tivesse um custo baixo, porém não realizaria operações de processamento; enquanto que com o Raspberry Pi, é possível obter as imagens e processá-las com OpenCV no mesmo dispositivo, além de armazenar os arquivos com facilidade. Para o estudo e testes, a implementação com Raspberry Pi foi considerada mais funcional.

Segue-se os métodos de captura das formas. A partir de cada imagem, é necessário retirar o contorno demarcado pelo laser, que será o perfil de coordenadas para um ângulo de visão. A primeira opção analisada é através de cores, obtendo os pixels correspondentes a cores do laser. Com tal algoritmo é necessária apenas uma foto para cada ângulo de rotação – economizando espaço de armazenamento. Isso também torna o processo mais rápido. Em contrapartida, podem ocorrer resultados inesperados devido a variações nas tonalidades de cor da imagem dependendo da iluminação ambiente.

Existe então a segunda possibilidade: para cada ângulo, tirar uma foto com a linha do laser destacando o objeto, e uma com o laser desligado. Em seguida, subtrair as duas imagens para obter apenas o contorno. Isso se torna mais consistente - não depende de condições ambientes - e mais exato. Os pontos negativos são que usará o dobro de espaço em armazenamento, e que aumentará o tempo de trabalho do scanner.

Seguindo adiante, os algoritmos de esqueletização ou thinning são uma parte particularmente importante do processamento: uma imagem obtida pelo modelo proposto terá o contorno do objeto demarcado pelo laser, mas a fim de obter um vetor de coordenadas, é necessário que este seja reduzido a uma única "linha" mais fina. Mais especificamente, forma um esqueleto topológico do perfil original.

Assim, realizar essa esqueletização de forma eficiente e exata foi, também, um objeto de estudo relevante do projeto. A primeira opção vista foi um algoritmo desenvolvido com as funções de erosão e dilatação do OpenCV, retirando pixels da imagem em camadas. Embora eficiente, esse algoritmo não era totalmente preciso. Foi feita então uma comparação com o algoritmo de Zhang-Suen, baseado na remoção de pixels do contorno da matriz (considera-se uma imagem binária) iterativamente até obter o esqueleto (ZHANG; SUEN, 1984). Esse método demonstrou maior exatidão, conseguindo preservar a forma básica dos objetos.

Resultados e Discussão

Através da realização de testes, é possível encontrar o modo mais efetivo para conseguir as informações visuais relevantes do objeto. Conforme mencionado, o princípio é a análise da forma do objeto. Entre os dois métodos de captura do contorno dentro da imagem – o primeiro através da separação de cores na figura, e a segunda através da subtração entre imagens –o segundo método se mostrou mais consistente para obtenção do contorno do objeto, e por isso demonstrou resultados superiores apesar de ser mais lento e usar mais espaço de armazenamento.

Além disso, a esqueletização pelo algoritmo de Zhang-Suen mostrou resultados consistentes para o afinamento do perfil do objeto, determinando-se que seria a opção preferível para ser aplicado na imagem de saída do algoritmo de captura do contorno. Isso viabiliza a obtenção dos pontos pela relação dos pixels da imagem, cujas coordenadas serão usadas para montagem do modelo.

O conjunto de pontos é armazenado em um vetor, tal que cada posição do vetor possui uma coordenada em X e uma em Y, que pode ser facilmente exportado para o formato mais apropriado para a implementação desejada, como um conjunto de arquivos CSV, por exemplo.

Outra característica é que esses algoritmos podem ser desenvolvidos com recursos Open-Source. Assim, o uso de tecnologias Open-Source possibilita que os códigos usados na prototipação deste projeto possam ser facilmente exportados ou modificados, seja na continuidade desta linha de pesquisa ou na construção de outros tipos de scanner 3D.

O benefício da implementação proposta é que os vetores resultantes do processo, que contém um extenso conjunto de coordenadas referentes aos pontos do modelo, podem ser exportados da forma que for mais apropriada para o software de CAD escolhido. O processo para cada conjunto de coordenadas é realizado iterativamente até ter a visão completa de 360 perfis, por exemplo. Então, basta fazer a interpolação, em três dimensões, de todos os perfis presentes para obtenção do modelo "sólido".

As técnicas estudadas possibilitam o desenvolvimento de um projeto de scanner 3D simples, propondo um modelo de especificações. A eficiência dos algoritmos utilizados é uma questão de processamento de imagens, ou seja, depende de obter características marcantes e preservar a informação desejada após a transformação dos dados (DUDA et al., 2001, p. 11). Logo, o processo está sujeito a melhorias através de técnicas de visão computacional mais específicas.

Conclusões

A digitalização 3D é uma tecnologia com uma série de aplicações, e com uma grande variedade de estudos que podem ser realizados a seu respeito. As análises realizadas neste trabalho atuaram sobre os diferentes conceitos que compõem este tema, tanto teoricamente como em uma implementação mais prática.

Parte do objetivo dessa pesquisa foi estudar os procedimentos essenciais e os métodos envolvidos, desde a definição dos elementos visuais que devem ser adquiridos. Isso permitiu que fossem descritos os elementos de hardware para um processo básico de digitalização 3D, assim como caracterizar as imagens usadas. Estudou-se o processamento das imagens a fim de obter um conjunto de pontos para o modelo digital. Encontrou-se um modo eficiente de capturar o contorno do objeto, como também extrair a característica visual desse contorno com algoritmos de esqueletização, um complemento importante para a própria captura da forma.

Nesse sentido, os procedimentos discriminados ao longo do trabalho agregam todos esses princípios que são necessários para uma digitalização tridimensional bem-sucedida e cumpre o papel de descrever os passos necessários para uma implementação do processo, permitindo que esses conhecimentos sejam usados para posteriormente eliminar limitações nos métodos ou torná-los mais efetivos, viabilizando uma sequência de estudos neste mesmo tema.

Uma visão relevante, neste ponto, é que os problemas no desenvolvimento da digitalização são em sua essência problemas de processamento de imagens, e com isso as técnicas podem ser melhoradas com soluções em visão computacional, apenas adaptadas ao contexto do scanner 3D. Isso significa que as considerações apresentadas podem ser usadas para uma continuidade de pesquisa na área de processamento de imagens podem contribuir para o aperfeiçoamento do processo.

Agradecimentos

Ao professor Alceu de Souza Britto Júnior, pela confiança a mim dedicada para realização desse trabalho e por todo o seu apoio fornecido. À Fundação Araucária por ter disponibilizado apoio financeiro. À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela estrutura fornecida à realização do trabalho. Ao professor Ariangelo Hauer Dias por fornecer apoio importante na experimentação realizada. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para algum aspecto da realização deste trabalho.

Referências

DUDA, R.; HART, P. E.; STORK, D. G. **Pattern Classification**. Wiley-Interscience, 3. ed, 2001.

FOLEY, J. D. et al. **Computer Graphics: Principles and Practice**. Addison-Wesley Professional, 3. ed, 2013.

TORRENS, J. A. **Documentation: Ciclop and Horus**. 2015. Disponível em: <http://diwo.bq.com/en/documentation-ciclop-and-horus-2/>. Acesso em: 06 dez. 2017.

TORRENS, J. A. **3D Scan Science**. 2016. Disponível em: <http://nbviewer.jupyter.org/github/Jesus89/3DScanScience/tree/master/notebooks>. Acesso em: 06 dez. 2017.

ZHANG, T. Y.; SUEN, C. Y. **A fast parallel algorithm for thinning digital patterns**. Communications of the ACM, v. 27, n. 3, p. 236-239, mar. 1984.