USO DE TÉCNICAS DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA MELHORIAS EM DIGITALIZAÇÃO 3D

Victor Piotrovski Begha (PIBIC/CNPq), 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, scanner 3D.

Resumo

Tecnologias de digitalização 3D se tornam mais úteis à medida que se tornam mais eficientes, acessíveis e convenientes, o que pode ser feito através de vários métodos. Para isso, foram estudadas possíveis melhorias tanto na usabilidade, na eficiência do processamento, e na integração com softwares de CAD. Considerando que um modelo é formado capturando o contorno de um objeto iterativamente, pode-se tornar o processo mais eficiente usando algoritmos para identificar figuras semelhantes, evitando que o mesmo perfil precise ser processado no software de CAD múltiplas vezes e diminuindo assim os recursos computacionais necessários. Além disso, é possível integrar a obtenção de pontos com o software de CAD, possibilitando um processo mais automatizado, rápido e acessível. As metodologias apresentadas possuem vantagens em questões de custo e facilidade de implementação, melhorando os processos já estudados e viabilizando sua aplicação.

Introdução

A tecnologia de digitalização 3D é uma área da computação cujo potencial e possíveis aplicações crescem à medida que os processos se tornam mais simples, eficientes, baratos e acessíveis ao usuário. É um processo complementar à impressão 3D, sendo que enquanto na impressão 3D os modelos desenhados digitalmente são então produzidos fisicamente, na digitalização 3D objetos reais podem então ser transformados em modelos digitais utilizáveis em CAD – Computer-Aided Design.

Estudos anteriores demonstraram que existem métodos para construção de um scanner 3D de baixo custo capaz de produzir modelos de qualidade razoável usando hardware de baixo custo e tecnologias Open-Source. Contudo, é fundamental buscar melhorias nos procedimentos aplicados, simplificando sua implementação, tornando o processo como um todo mais facilmente utilizável pelo usuário, e aumentando a eficiência do processamento digital das imagens sem perdas de qualidade – características de importância significativa para o progresso e expansão deste tópico, exigindo assim um estudo mais aprofundado.

Dando sequência à pesquisa de Iniciação Científica desenvolvida no período de 2017-2018 (BEGHA; BRITTO JR, 2018) e usando a base dos conhecimentos obtidos nela, o presente projeto buscou melhorar os procedimentos de digitalização 3D já existentes, aperfeiçoando as interfaces de utilização do modelo de scanner 3D estudado através da integração dos procedimentos de digitalização e formação do modelo em CAD e utilização de técnicas de processamento digital de imagens, aplicando algoritmos de identificação de figuras semelhantes para diminuir os custos computacionais posteriores.

ISSN 1676-0093

Material e Métodos

A metodologia e equipamentos utilizados para desenvolvimento dos testes foram desenvolvido no projeto anterior de Iniciação Científica já mencionado, e essencialmente se baseiam em capturar uma série de imagens 2D de forma a representar, a partir da união de todo o conjunto, a forma 3D final que corresponde ao objeto que está sendo analisado. A informação relevante em cada imagem é o contorno do objeto, pois este representa o perfil da sua forma em determinado ângulo. Para capturar esse perfil, é usado um laser em forma de linha, que demarca a seção desejada da imagem e permite que seja transformada em um conjunto de coordenadas. O controle do scanner é realizado por um computador Raspberry Pi 2.

O método para processar as imagens obtidas é dividido em três partes: separação da porção da imagem referente ao contorno marcado pelo laser, aplicação de um algoritmo de afinamento ou esqueletização sobre o perfil obtido, e transformação dos pixels em coordenadas, formando um conjunto de pontos que pode ser transposto para o software de CAD e construir o modelo juntamente com as outras iterações. A partir desses conceitos e procedimentos básicos, procurou-se aprimorar o processo de digitalização existente sem necessidade de recursos de hardware adicionais, e fazendo uso primário de tecnologias Open-Source.

Alguns princípios foram considerados: de acordo com Pawar et al. (2017), um scanner 3D moderno deve possuir as características de exatidão e repetibilidade, ou seja, a capacidade de reproduzir o mesmo processo em diferentes situações – reforçando a ideia de que não somente a perfeição da forma deve ser considerada na avaliação da tecnologia, mas também a funcionalidade e facilidade de uso.

Todos os algoritmos desenvolvidos utilizaram a linguagem Python 3, linguagem nativa do controle do Raspberry Pi. O uso da mesma linguagem para esse controle e também para os vários algoritmos de processamento das imagens, além dos algoritmos de integração com o Autodesk Fusion 360, possibilitou uma maior consistência nos procedimentos desenvolvidos no projeto. O processamento das figuras capturadas fez uso da plataforma OpenCV. Outro material utilizado foi o framework Qt, versão 5, para a interface gráfica do scanner no Raspberry Pi.

Outro foco importante foi a integração com um software de CAD (Computer-Aided Design) – conforme mencionado acima, o software escolhido foi o Autodesk Fusion 360, que já havia sido utilizado na primeira parte da pesquisa devido a vantagens relacionadas ao modo que representa os modelos (sendo que possui ferramentas próprias para montagem de modelos a partir de figuras bidimensionais, denominadas sketches, característica que o torna apropriado para o método de digitalização aqui estudado, que faz uso do mesmo princípio básico).

O Fusion 360 possuía ainda uma vantagem adicional, que é a existência de uma API (Application Programming Interface) orientada a objetos que faz uma associação direta entre suas classes e os componentes da modelagem – isto é, cada instância de um objeto em um script representa um elemento no espaço de desenho (um ponto, uma face, um eixo, um plano de construção, etc.), com seus respectivos atributos e operações. Como o processo de digitalização 3D se baseia em realizar correspondências entre elementos de diferentes meios – a forma de um objeto real, seguindo para uma divisão em imagens bidimensionais, em sequência convertidas em perfis que representam o contorno das figuras, e então conjuntos de coordenadas e finalmente pontos e faces do modelo digital, essa característica da API a tornava particularmente útil para os passos finais de transposição dos dados e montagem do modelo final de forma automatizada.

ISSN 1676-0093

Resultados e Discussão

Os resultados se dividem em: interface e controle do scanner, identificação de semelhança entre perfis da forma, integração com software CAD, e montagem dos modelos. O controle do scanner comanda o movimento da plataforma, o acionamento do laser, e a captura da imagem pela câmera. Como parte da meta de melhorar a usabilidade do equipamento, foi também desenvolvida uma interface gráfica simples com o framework Qt 5. O principal parâmetro para o procedimento é o número de capturas ao longo da rotação. Ao fim do processo, além das imagens é também criado um arquivo JSON com configurações usadas nos passos seguintes.

A identificação de semelhança entre perfis da forma tem por objetivo reduzir o impacto de um dos procedimentos mais custosos em termos de tempo de processamento - a montagem do modelo 3D final já dentro do software CAD. Esse passo essencialmente consiste em transformar os pontos em uma spline no espaço tridimensional e rotacionar o perfil obtido uma certa quantidade de graus equivalente à rotação da plataforma durante a digitalização, realizando esses passos iterativamente. O método encontrado para tornar esse processo mais eficiente considera que, se uma certa porção do objeto não se altera em uma iteração do movimento de rotação, ele terá o mesmo perfil de coordenadas, e assim, não será necessário transpor todos esses pontos para o espaço, bastando apenas rotacionar o perfil anterior mais uma vez.

Assim foi necessário identificar a semelhança entre dois perfis de coordenadas e determinar se representam a mesma figura. O algoritmo desenvolvido se baseia em um vetor “coordA” de coordenadas (xA,yA) que se refere à iteração atual do perfil do contorno do objeto, e outro vetor “coordB” de coordenadas (xB,yB) referente à próxima iteração, ou seja, a figura seguinte ao percorrer a rotação do objeto. A comparação é realizada em “n” pontos sendo “n” igual ao tamanho do menor vetor, para garantir que sempre exista um par válido (coordA [i], coordB [i]), onde “i” é a iteração atual. Dessa maneira, existirão “n” pares: um ponto do conjunto de coordenadas atual, e um ponto do próximo conjunto de coordenadas. Para cada par (coordA [i], coordB [i]), será calculada geometricamente a distância entre os dois pontos, e verifica-se dentro de dois parâmetros de tolerância (um referente à distância máxima entre o ponto A e o ponto em B, outro a uma porcentagem dos pares que podem estar diferentes).

Se o perfil é semelhante ao anterior, este não precisará ser processado, e é marcado com 0, indicando que se deve repetir o último perfil traçado. Se é diferente do anterior, então é marcado com 1, indicando que será traçado no espaço do programa. A informação de quantos perfis existem ao todo, e de quais são semelhantes ou último lido ou se são diferentes (e assim devem ser processados individualmente) é guardada em um arquivo de configuração JSON.

A integração com o software de CAD e consequente montagem do modelo representa um método para que a criação do modelo 3D pudesse ser realizada automaticamente sem exigir inserção manual dos pontos. Tomando como entrada as coordenadas e um arquivo de configuração com a informação de quais perfis são iguais ou diferentes, são definidos planos de construção (de equivalência direta com as imagens capturadas no início do processo) onde ou é inserido uma spline, ou é repetido o último perfil, se havia sido determinado que eram semelhantes. Para formar o objeto sólido, o perfil é selecionado e então revolucionado no ângulo definido pelo número de capturas. Testes foram feitos no Fusion 360, porém procedimentos análogos podem ser adaptados para diferentes softwares.

ISSN 1676-0093

Conclusões

A digitalização de formas tridimensionais continua sendo uma área com potencial de aplicação em diferentes cenários, sendo que o uso apropriado de algoritmos de processamento digital de imagens, assim como a simplicidade da implementação e facilidade de uso, permite que o processo se torne mais apto e útil.

O uso de técnicas de identificação de semelhança em figuras é uma ferramenta de grande utilidade, podendo potencialmente cortar porções significativas do processamento – sendo que o algoritmo utilizado para fazer esse reconhecimento tem um custo computacional muito menor do que transferir todos os pontos para o espaço em CAD. Assim, se uma mesma figura se repete, por exemplo, 10 vezes no objeto, só será necessário desenhar esses pontos no espaço digital uma única vez.

Além disso, a melhoria nos controles e interfaces de utilização do scanner é também um aspecto relevante, pois a acessibilidade de um processo o torna mais prático para implementações em diferentes áreas, ou produção de sistemas mais específicos ou avançados.

Existe uma série de vantagens nos métodos apresentados. Em primeiro lugar, os custos do equipamento são baixos, baseando todo o controle no Raspberry Pi. Os algoritmos podem ser facilmente adaptados para diferentes plataformas e contextos. O método usado também possibilita a redução de custos computacionais dependendo da regularidade na forma do objeto, e define procedimentos para que os dados sejam passados diretamente ao espaço digital. Pode-se considerar que o projeto atingiu seus objetivos, agregando conhecimento quanto à viabilidade de certas técnicas aplicadas no contexto da digitalização 3D assim como providenciando um modelo de implementação das mesmas.

Agradecimentos

Agradeço ao professor Alceu de Souza Britto Júnior pela oportunidade de trabalhar neste projeto e pela sua orientação nos últimos dois anos. Ao professor Ariangelo Hauer Dias pelo apoio e conselhos fornecidos durante a pesquisa. Ao CNPq por disponibilizar apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto. À UEPG pela estrutura fornecida e organização do Programa de Iniciação Científica. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para algum aspecto deste trabalho.

Referências

BEGHA, V. P.; BRITTO JR, A. S. **Digitalização Parametrizada de Objetos Tridimensionais Utilizando Scanner 3D e Reconhecimento de Padrões Geométricos.** Ponta Grossa: Anais do XXVII EAIC e IV EAIC Junior, 2018.

PAWAR, S. S. et al. **Review Paper on Design of 3D Scanner**. Bangalore: International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications, 2017.

KHAWALDEH, S. et al. **Complete End-To-End Low Cost Solution to a 3D Scanning System with Integrated Turntable**. International Journal of Computer Science & Information Technology, 2017.

JSON encoder and decoder. Documentation: The Python Standard Library. Disponível em <https://docs.python.org/3/library/json.html>, acesso em 03 de junho de 2019.

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