

5 Conclusão

O sistema estudado foi implementado com sucesso em todas as suas etapas: calibração das câmeras, projeção da luz estruturada, captura e processamento de imagens, correspondência entre os pixels das câmeras, triangulação e criação do modelo final. A partir da aplicação implementada foram executados dois testes.

O primeiro teste consistiu em medir nos modelos gerados as distâncias entre pontos notáveis, cujas posições no objeto original eram conhecidas. Todas as medidas ficaram com um erro abaixo de 1%. O segundo teste aplicou o método de ajuste de cilindro proposto neste trabalho a modelos capturados a partir de uma tubulação de PVC. O diâmetro do tubo foi medido com paquímetro e comparado com o valor calculado pela aplicação. Os raios médios, dos ajustes feitos aos modelos capturados em diferentes posições em relação às câmeras, obtiveram erros variando entre 0,3% e 2,4%. O erro máximo obtido por um único modelo capturado foi de 3,6%.

A diferença de resultados obtidos entre os testes pode ser explicada pelo fato de que, enquanto o segundo teste utilizava vértices distribuídos no espaço, o primeiro trabalhava apenas com pontos no plano de calibração perto da origem. Também, no primeiro caso o objeto capturado se encontrava localizado no centro das imagens capturadas, onde as distorções ópticas são menores, enquanto que a tubulação capturada se estendia de um extremo ao outro das imagens. Este é mais um indicativo de que a calibração dos parâmetros intrínsecos deve ser feita com maior precisão. As distorções radiais tiveram influência nos resultados obtidos.

Para que o sistema possa ser mais bem empregado como um instrumento de medidas em engenharia, deve-se melhorar a etapa de calibração das câmeras, refinando o modelo utilizado. Este é o principal gargalo do sistema aplicado para esta finalidade.

O método para resolver a correspondência entre as imagens de um par de câmeras em uma configuração estérea, utilizando luz estruturada e codificação

temporal, foi eficaz em vários modelos de formas variadas. Estátuas, vasos, tubulações utilizadas nos testes e pessoas foram modeladas com sucesso. O método mostrou-se robusto com diferentes tipos de matérias capturados. A utilização de dois valores de exposição para captura de imagens foi útil para objetos capturados, cujas superfícies misturam cores claras e escuras. Única dificuldade encontrada foi modelar objetos com material especular. A luz estruturada projetada era refletida, criando áreas brancas nas imagens capturadas, impossibilitando a correspondência. Tubos de PVC, que possuem uma superfície refletiva, não apresentaram este problema. Apenas materiais excessivamente refletivos geram falhas nas imagens, assim como objetos transparentes. Esta é uma limitação comum a todos os métodos ópticos de aquisição de formas.

Os resultados obtidos, utilizando diferentes números de linhas para a luz estruturada, indicam que o fator limitante do método estéreo ativo no sistema estudado é a limitada resolução das câmeras utilizadas (640×480). Enquanto que o projetor poderia aumentar o número de linhas projetadas, as câmeras não conseguem capturar uma grande quantidade de linhas projetadas. Há um problema de padrões de interferência, gerados nas imagens processadas. Essa interferência é repassada para o modelo, criando irregularidades na sua superfície. Possivelmente, utilizar uma maior resolução deve resolver este problema nas imagens processadas e permitir que uma maior quantidade de linhas seja utilizada na luz estruturada para se obter modelos com maior número de vértices.

Como produto deste trabalho foram apresentados dois modelos de calibração coplanares para a calibração de câmeras. Estes padrões podem ser utilizados em diferentes aplicações e cada um possui suas vantagens e desvantagens. Além de poderem ser utilizados para calibração em tempo real com uma boa taxa de quadros por segundo, são robustos contra ruídos na imagem e seus pontos de calibração são encontrados com grande precisão na imagem capturada.

O segundo produto foi o método de ajuste de cilindro a um conjunto de pontos, utilizado com sucesso no segundo teste, que pode ser empregado em futuras aplicações de inspeção automatizada. A sua utilização é bastante simplificada, já que não é necessário fornecer valores iniciais aproximados.

Por último, deve-se fazer um comentário a respeito da biblioteca OpenCV. Todo o sistema foi baseado nela, desde a implementação dos padrões de calibração, até o processamento e armazenamento de imagens. Além de serem

confiáveis, suas funções são realmente otimizadas. Prova disso é alta taxa de quadros por segundo com o padrão de calibração com vértices. O seu uso é recomendado para qualquer aplicação em Visão Computacional.

5.1. Trabalhos Futuros

Uma continuação natural deste trabalho é utilizar câmeras digitais fotográficas ao invés de câmeras digitais de vídeo. Estas possuem atualmente uma resolução média de 4.0 Megapixel, o que é muito superior às câmeras de vídeo, lentes ópticas melhores e menos ruído nas imagens capturadas. Como o sistema captura cenas e objetos estáticos, um maior tempo de captura não influenciaria os resultados. Seria necessário desenvolver uma API que integrasse a câmera digital à aplicação do sistema. A Canon, por exemplo, disponibiliza um SDK que possibilita desenvolver aplicações customizadas para suas câmeras digitais e pode ser obtido na página do fabricante na Internet mediante preenchimento de uma ficha de pedido. O ganho de qualidade nos modelos gerados pode ser considerável, já que atualmente o gargalo do sistema são as câmeras utilizadas, tanto pela resolução quanto pelas distorções ópticas.

Apesar de os padrões de calibração coplanares terem apresentado uma boa precisão no primeiro teste, o desempenho no segundo teste não foi satisfatório. O caminho natural para aprimoramento seria utilizar um padrão tridimensional para a calibração das câmeras. Fica a idéia de se fazer um estudo comparativo entre os dois tipos de padrões de calibração.