

REGISTRO DE IMAGENS 3D. Raul Andreo Gonçalves, José Eduardo Cogo Castanho – Sistemas eletrônicos de medidas de controle – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia Elétrica – Campus de Bauru.

A adoção e utilização, de forma ampla e generalizada, de scanners 3D, ainda esbarram em dificuldades e nos conhecimentos tecnológicos necessários para a sua construção. Dessa forma pesquisadores buscam desenvolver novas técnicas que tornem a construção e utilização dos scanners 3D mais acessível, com menor custo [1], bem como maior precisão. Contudo, muito do desempenho de um scanner ainda depende da qualidade e do custo dos componentes utilizados. A construção de scanners 3D se baseia em técnicas de triangulação e não impõem grandes desafios conceituais. Porém a sua construção implica na solução de inúmeros problemas tecnológicos.

Dentro deste projeto, foi implementado por Santos Filho [2] um protótipo de um scanner 3D baseado na proposta de Bouguet [1], com a geração de plano de luz fracamente estruturada. Os resultados obtidos foram promissores, tendo sido possível obter a amostragem 3D de pontos de superfície de alguns objetos. A figura 1 mostra a aquisição de uma imagem de profundidade de um cubo utilizando o scanner implementado.

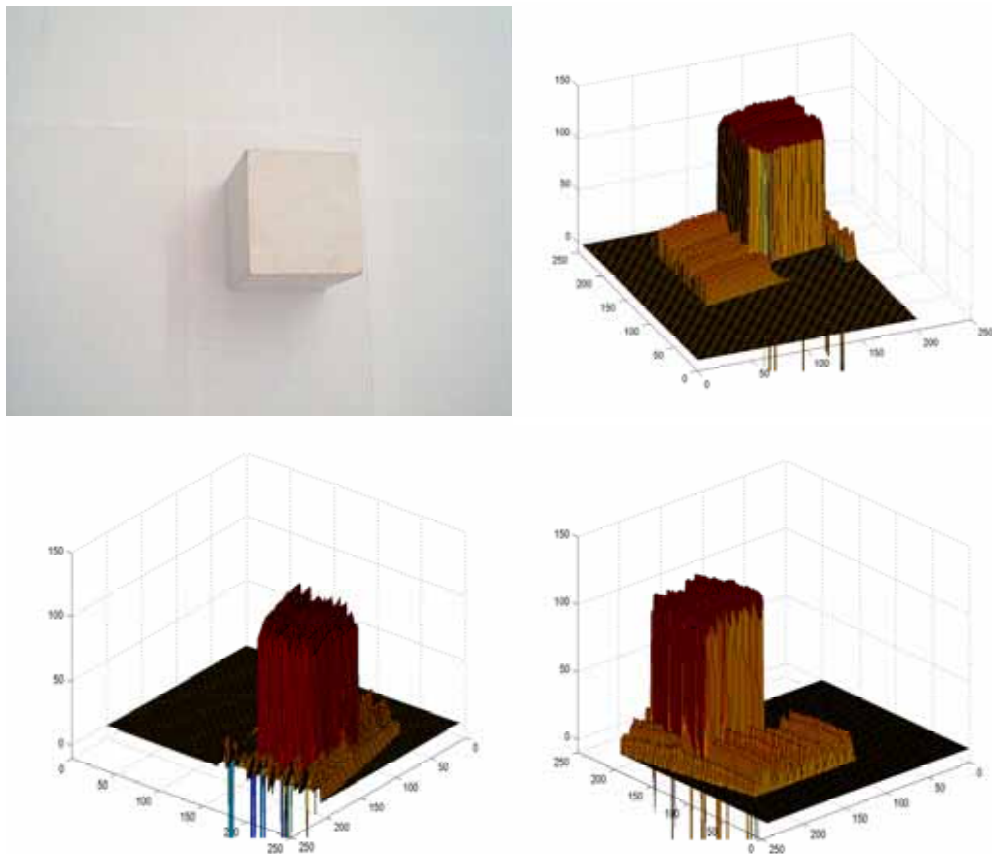


Figura 1 – Exemplo de imagem de profundidade obtida com o scanner implementado por Santos Filho [2].

Embora em alguns casos seja suficiente obter uma única imagem de profundidade da cena, algumas aplicações requerem um modelo 3D completo. Assim, a construção de scanner 3D visando modelagem geométrica não se limita à etapa de calibração do aparato e obtenção das coordenadas tridimensionais. Na seqüência dessa etapa visando obter o modelo de um objeto, é necessária a digitalização de diferentes vistas desse objeto para que seja possível montar um modelo completo,

com toda a sua superfície digitalizada. Desse modo normalmente é necessário mover o scanner, ou o objeto, para cobrir toda a sua superfície. Cada uma destas vistas deve ser registrada umas com as outras e mescladas em um único e completo modelo. O registro consiste basicamente na obtenção dos parâmetros das funções de rotação e das translações 3D que permitem a sobreposição das superfícies comuns nas diferentes vistas. Esses parâmetros de translação e rotação são obtidos estabelecendo pontos de correspondência entre as superfícies digitalizadas e resolvendo a função que minimiza a distância entre tais pontos. Essa etapa é dificultada porque nem sempre a superfície digitalizada possui pontos com propriedades que possam ser usadas para estabelecer correspondência entre duas vistas.

Para obtenção dos parâmetros da função de registro existem várias técnicas que podem ser empregadas, entre as quais, uma das mais usadas é a técnica Iterative Closest Point – ICP [3]. Nesta técnica, dadas as vistas do objeto P e Q , o registro final é realizado encontrando o movimento de rotação e translação (R, t) que minimiza o erro de ajuste entre elas, como mostrada na equação 1.

$$\min \sum_i \| q(p_i) - (Rp_i + t) \|^2 \quad (1)$$

Onde $q(pi)$ é o ponto em Q correspondente ao ponto pi de P . A dificuldade do processo é que não se sabe, a priori, qual é o ponto em Q que corresponde a pi . Inicia-se então com uma estimativa grosseira para R e t e a cada iteração, $q(pi)$ é escolhido com o ponto em Q mais próximo de $Rpi + t$, e R e t são então recalculados de modo a minimizar o erro. A figura abaixo ilustra essa sequência de interações.

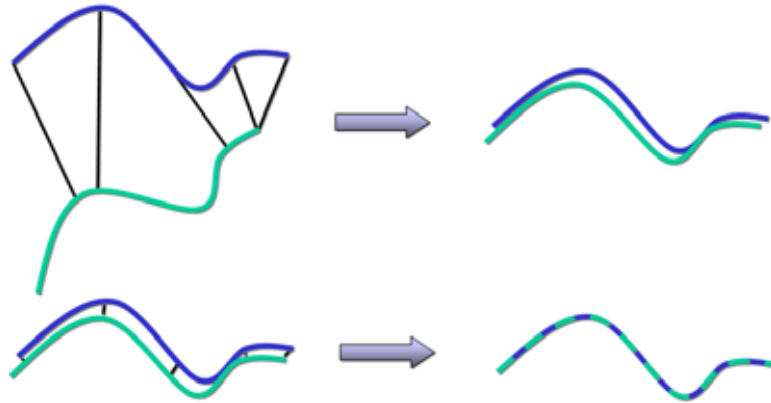


Figura 2 – Ilustração do processo de convergência da técnica de registro ICP como mostrado em [4]

Para determinar R e t , dados os pontos p_i, q_i ($i=1,...,n$), que minimizam

$$\min \sum_i \| q_i - (Rp_i + t) \|^2 \quad (2)$$

Obtêm-se inicialmente os centróides p_0, q_0 e defini-se:

$$p_i' = p_i - p_0$$

$$q_i' = q_i - q_0$$

e

$$M = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix}$$

Onde:

$$S_{xx} = \sum_i p_{ix}' q_{ix}', S_{xy} = \sum_i p_{ix}' q_{iy}'$$

Sendo que cada um dos elementos S da matriz M é definido similarmente.

A rotação é dada por:

$$R = M(M^T M)^{-1/2}$$

E a translação t é obtida:

$$t = q_0 - Rp_0$$

Se a transformação é escrita na forma $R(p + t)$, R não muda e t é simplesmente $q_0 - p_0$.

Muitas vezes, a utilização dos centróides para a estimativa inicial não é possível, em função das grandes diferenças entre as vistas, resultando em falsos mínimos locais com uma convergência incorreta da solução. Assim, para facilitar a obtenção da estimativa inicial do registro foi proposta, neste trabalho, a construção de um dispositivo de controle de movimento do objeto-modelo, que permite implementar o algoritmo, minimizando o custo computacional e assegurando que uma boa estimativa inicial seja obtida. Nesse sistema, a cada nova vista o objeto é posicionado com precisão, com pequenos ângulos entre elas, o que garante uma grande área de sobreposição entre as superfícies. Isto é realizado com a construção de uma mesa rotativa controlada por motores de passo, sobre a qual o objeto alvo é posicionado. A cada nova digitalização a mesa será colocada em uma nova posição acionando o motor de passo, provocando um giro com ângulo conhecido. Conhecendo-se o ângulo de rotação, o registro pela técnica ICP pode ser realizada mais facilmente usando esse ângulo de rotação como estimativa inicial. Uma outra dificuldade normalmente encontrada na técnica ICP é que nem todos os pontos em P tem um correspondente em Q. Com o método proposto, ao garantir-se a sobreposição das imagens, torna-se possível minimizar essa dificuldade. Para isso, o sistema prevê que o operador seja capaz de determinar interativamente a digitalização de cada face. Assim, as imagens digitalizadas e registradas deverão ser exibidas para o operador determinar a necessidade de nova vista, sob diferente ângulo.

Para a implementação desse experimento foram utilizados materiais já disponíveis no LAR - Laboratórios de Automação e Robótica e no LACME - Laboratório de Acionamentos e Controle de Máquinas Elétricas, da Unesp-Bauru. Estes Laboratórios dispõem de câmeras de vídeo, placas de aquisição e digitalização de imagens, computadores, motores de passo.

A implementação dos programas de controle de movimento, registro das imagens e detecção de posição da mesa estão sendo realizados utilizando o Toolbox de Processamento de Imagens do Matlab. Visando facilitar a operação o sistema deverá ser implementado utilizando também os recursos de projeto de interface com o usuário do Matlab. O algoritmo ICP foi implementado e alguns resultados obtidos através de simulação demonstram a sua viabilidade. Após a integração do conjunto da mesa rotativa e do algoritmo ICP com os outros módulos do sistema, espera-se demonstrar a aplicação prática da solução proposta e avaliar o seu desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BOUGUET, J. Y. and P. Perona. *3D Photography on your desk*. Sixth IEEE International Conference on Computer Vision, Narosa Publishing House, New Delhi, India, 1998.

[2] SANTOS FILHO, R. B. A. dos. *Scanner 3D*. Relatório Técnico de Iniciação Científica – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, PIBIC – CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (2005).

[3] CHEN, Y. and G. Medioni. *Object modeling by registration of multiple range images*. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation 1991. Sacramento, CA, USA, 9-11 Apr 1991.

[4] GATTASS, Marcelo. *Notas de aula*. Em http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/ra/ppt/PC_ICP.ppt. Acessado em 03/10/2006.

Bolsa: CNPq/PIBIC.