

**DISPOSITIVO DE VARREDURA LASER PARA MEDIDA DE DISTÂNCIAS 3D.** Gerson Scarpa Sousa 1, José Eduardo Cogo Castanho – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia de Bauru – Campus de Bauru.

Introdução

A medição de distâncias entre dois pontos de forma automática e com precisão para uso em equipamentos industriais ou em robôs, por exemplo, requer o uso de técnicas especiais. Embora existam muitas técnicas possíveis, tal como uso técnicas de “time-of-flight” com sensores de ultra-som ou laser para cálculo das distâncias, cada qual apresenta limitações dependendo da aplicação. Um grande número de técnicas se baseia no emprego da triangulação para obtenção das distâncias entre dois pontos. Nas técnicas de triangulação, geralmente usa-se um projetor que envia um feixe de luz na direção do objeto, o qual é refletido de volta em um sensor. Estes elementos são configurados de modo que formem um triângulo cujas relações angulares e algumas distâncias (entre sensor e emissor, por exemplo) sejam conhecidas, permitindo o cálculo das distâncias dos lados deste mesmo triângulo e, conseqüentemente, da distância até o objeto.

Neste trabalho, apresenta-se uma técnica de triangulação, baseada na proposta de Lombardo [1] e Toedter [2], capaz de traçar um perfil das distâncias perpendiculares dos pontos do objeto (ou cena) e o equipamento usando o método de triangulação (ver figura 1). A geometria definida entre o objeto, o laser, e a câmera permite o cálculo das coordenadas 3D dos pontos iluminados pelo feixe laser por intersecção de suas linhas e pela determinação do ângulo de varredura.

O equipamento faz uso de uma câmera que capta um “ponto” gerado pela projeção de um feixe de luz laser, o qual varre horizontalmente o objeto ou cena a ser digitalizada, utilizando-se um espelho plano acoplado a uma base rotativa.

As distâncias perpendiculares dos pontos da cena a imagem na câmera são obtidas através das relações trigonométricas obtidas pela triangulação efetuada entre a direção do feixe laser, o ponto no qual o objeto é atingido e o respectivo ponto de captação do mesmo no sensor de imagem. Como o posicionamento da câmera em relação ao espelho é conhecido, para realizar os cálculos de distância é necessário simplesmente obter o ângulo de varredura do espelho plano com precisão. Este ângulo pode ser obtido pela velocidade de rotação do motor que controla a rotação do espelho e pela diferença entre o tempo  $t_1$ , de obtenção do ponto projetado perpendicularmente, e o tempo  $t_0$  do ângulo referencial determinado por um sensor ótico (célula foto-elétrica). Este esquema pressupõe um controle preciso e estável da velocidade de rotação do espelho. A equação a seguir permite realizar o cálculo da distância  $d_m$  entre o objeto alvo e o scanner.

$$d_m = y_0 \tan(2\omega t_d - \alpha)$$

onde:

$y_0$  é distância AC

$t_d = t_1 - t_0$

$\omega$  é a velocidade angular

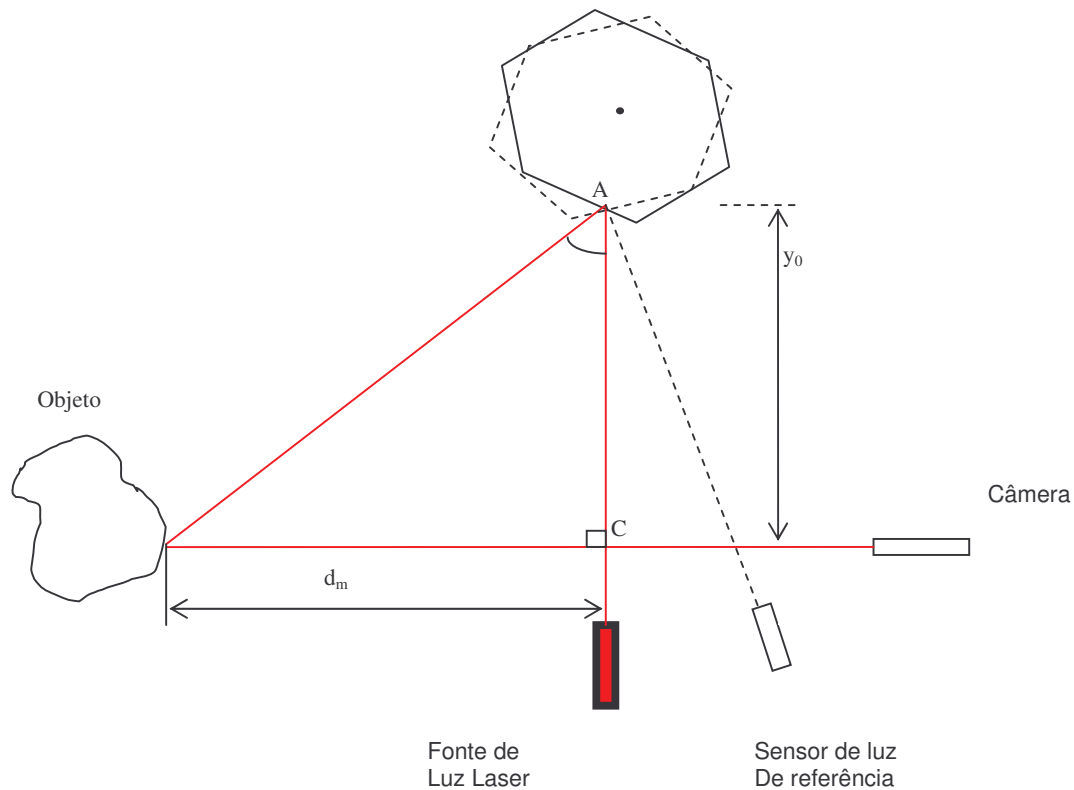
$\alpha$  é o ângulo de referência inicial.

Neste trabalho, propõe-se um esquema alternativo no qual o ângulo de projeção é precisamente identificado pelo uso de um motor de passo. Assim, ao invés de calcular o ângulo de

---

<sup>1</sup> Bolsa: “Adote um Aluno da Unesp” - FUNDUNESP

rotação pela velocidade angular, o ângulo é obtido diretamente do número de micro-passos do motor em relação a um ponto de referência.



*Figura 1 – Método de Triangulação*

### Metodologia

Na implementação proposta, o sensor de imagem é formado por uma câmera de vídeo (sensor CCD). Assim, torna-se necessário detectar na imagem captada o “ponto” oriundo da reflexão do feixe de luz laser varrendo horizontalmente a cena. Além disso, é necessário calibrar o sistema para identificar qual pixel corresponde à configuração apresentada na figura 1, isto é, qual pixel mantém direção perpendicular com o ponto de reflexão em relação à origem do feixe laser. Para a varredura da cena com o laser, utiliza-se um espelho hexagonal, pois possibilita a constante verificação da posição angular do sistema em um dado instante através do sensor de referência. Também é necessário obter o ângulo de varredura do espelho com a melhor precisão possível, o que pode ser feito a partir do uso de um controlador de micro-passos. Dessa forma, para a proposta foi utilizado o modelo MDM 17 Plus da empresa IMS, que permite dividir um passo em até 256 micro-passos. Com isso obtém-se uma resolução angular de  $1'46''$  por micro-passo para um motor comum com passo de  $7,5^\circ$ .

O ambiente computacional MATLAB é utilizado para a implementação do software responsável pela aquisição da imagem e obtenção do ponto de reflexão do laser na cena. Este processamento é realizado com as funções do Toolbox de Processamento de Imagens. Com ele é possível a utilização do procedimento de calibração de câmera, seguido da correção da imagem

provocada devido à distorção das lentes. Além disso, através desse programa e de um circuito de interface implementado, é possível a comunicação com o controlador do motor de passos.

A montagem do dispositivo em si é feita em uma plataforma de uma impressora laser comum, a qual já possui espelhos hexagonais adequados. Essa opção para a montagem da plataforma também foi adotada por apresentar robustez mecânica. Para testar a sensibilidade e precisão do sistema, uma amostra de dimensões conhecidas será empregada.

### Resultados e Discussão

O sistema está em fase final de montagem, com a interface do controlador de posição já implementada. O algoritmo de calibração de câmera já foi testado, tendo sido utilizada a implementação em [3].

No relato de Lombardo [1] o equipamento apresenta erros de medição de até 1% para simples medições e de até 0,5% para uma média de 10 medidas realizadas. Essa precisão é dependente de fatores como distância e da resolução com a qual se consegue medir os ângulos. Outro fator que gera fonte de erro é a instabilidade de rotação do espelho poligonal. Como, no caso da implementação realizada, o ângulo calculado é obtido do número de passos, a instabilidade de rotação deixa de ser fator de imprecisão. Contudo, neste caso, a imprecisão do sistema passa a ser resultado da menor resolução angular possibilitada pelo controlador do motor de passo.

### Conclusão

O trabalho apresentado descreve a implementação de um scanner para medida de profundidades utilizando o princípio de triangulação e de obtenção dos ângulos de varredura. Para isso é empregado um motor de passo que gera o ângulo de varredura diretamente do número de passos do motor, diferentemente de outros trabalhos que se baseiam no tempo de varredura e rotação do motor para derivar o ângulo.

### Referências Bibliográficas

- [1] Lombardo, V. ; Marzulli, T. ; Pappalettere, C. Sforza, P. *A time-of-scan laser triangulation technique for distance measurements*. Optics and Lasers in Engineering. Vol 39, pág 247-254, 2003
- [2] Toedter, O. ; Koch, A. W. *A simple laser-based distance measuring device*. Measurement. Vol 20, nº 2, pág. 121-128, 1997, Elsevier.
- [3] Bouguet, Jean-Yves, *Camera Calibration Toolbox For Matlab*. Em <http://www.vision.caltech.edu/bouguetj>