



ENG 169617 – Tópicos em Engenharia (Cinemática de robôs)

Trabalho 01

O prazo de entrega deste trabalho é **13/01/2015 até 12:00h**. Você deverá enviá-lo em formato digital para o e-mail bernardes@unb.br com o campo de assunto preenchido da seguinte forma: “ENG 169617 – T1 (matrícula)”, onde o termo *matrícula* deve ser substituído pelo seu número de matrícula na UnB.

Caso haja mais de um arquivo a ser enviado, compacte-os em uma única pasta zipada.

Você pode conversar com os outros alunos sobre este trabalho, fazer perguntas no Piazza, usar calculadora ou outras ferramentas e consultar fontes externas como a Internet. Entretanto, você deve entregar seu próprio trabalho. Trabalhos copiados serão anulados.

PARTE I - Exercícios do Livro:

O primeiro conjunto de problemas foi retirado do livro texto, *Robot Modeling and Control*, Spong, Hutchinson e Vidyasagar. Siga as instruções e explicações extras quando houverem. As questões devem ser respondidas à mão de forma organizada e clara.

“2-10: Consider the following sequence of rotations:

1. Rotate by ϕ about the world x -axis.
2. Rotate by θ about the current z -axis.
3. Rotate by ψ about the world y -axis.

Write the matrix product that will give the resulting rotation matrix (do not perform the matrix multiplication).”

Especifique cada elemento da matriz na forma simbólica e mostre a ordem em que as matrizes devem ser multiplicadas. Como dito no enunciado do exercício, você não deve realizar as multiplicações de matrizes, apenas indicá-las.

“2-14: If the coordinate frame $o_1x_1y_1z_1$ is obtained from the coordinate frame $o_0x_0y_0z_0$ by a rotation of $\pi/2$ about the x -axis followed by a rotation of $\pi/2$ about the fixed y -axis, find the rotation matrix R representing the composite transformation. Sketch the initial and final frames.”

Esboce os frames (sistemas coordenados) inicial, intermediário e final de acordo com o texto do enunciado. Então, encontre R de duas formas: por inspeção do seu desenho e através de cálculos. Cheque e compare suas duas respostas.

“2-23: Suppose R represents a rotation of 90° about y_0 followed by a rotation of 45° about z_1 . Find the equivalent axis/angle to represent R . Sketch the initial and final frames and the equivalent axis vector k .”

“2-39: Consider the diagram of Figure 2.14. A robot is set up 1 meter from a table. The table top is 1 meter high and 1 meter square. A frame $o_1x_1y_1z_1$ is fixed to the edge of the table as shown. A cube measuring 20 cm on a side is placed in the center of the table with frame $o_2x_2y_2z_2$ established at the center of the cube as shown. A camera is situated directly above the center of the block 2 meters above the table top with frame $o_3x_3y_3z_3$ attached as shown. Find the homogeneous transformation relating each of these frames to the base frame $o_0x_0y_0z_0$. Find the homogeneous transformation relating the frame $o_2x_2y_2z_2$ to the camera frame $o_3x_3y_3z_3$.”

Considere o frame $o_2x_2y_2z_2$ como estando localizado no centro da face inferior do cubo (como desenhado na figura) e não no centro do cubo (como diz o texto original do enunciado).

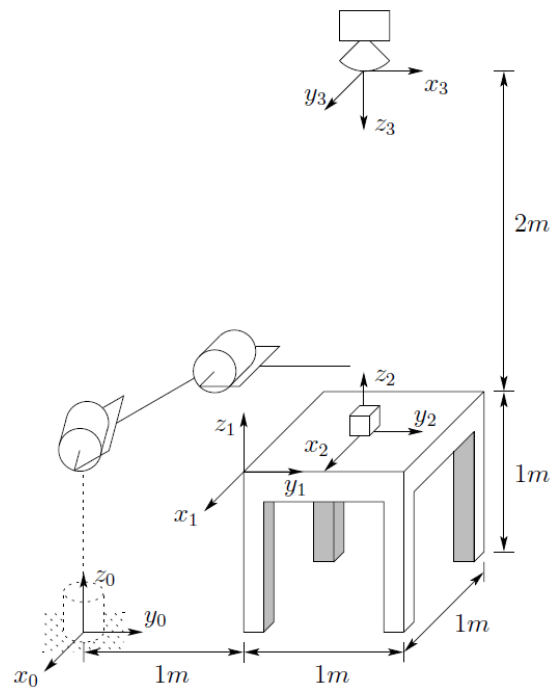


Figure 2.14 (Spong)

PARTE II - Simulação no MATLAB:

Para este trabalho, a tarefa em simulação consiste em modificar o script de MATLAB fornecido para que ele faça a animação de um bloco retangular realizando um movimento específico. O movimento foi capturado em vídeo e as posições e orientações do bloco ao longo do tempo foram obtidas e armazenadas por um sistema de rastreamento magnético que inclui um sensor localizado no interior do bloco.

1) Além deste roteiro, você deverá usar os demais arquivos disponibilizados junto ao .zip:

Vídeo: *caixa_voadora.mov*

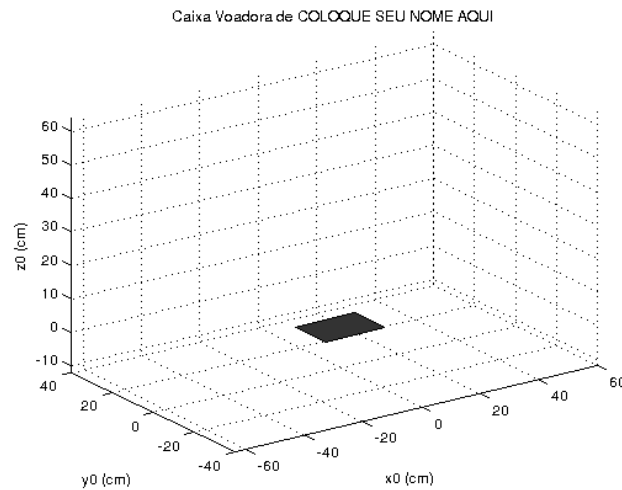
Arquivo de dados MATLAB: *caixa_voadora.mat*

Script inicial MATLAB: *caixa_voadora_inicial.m*

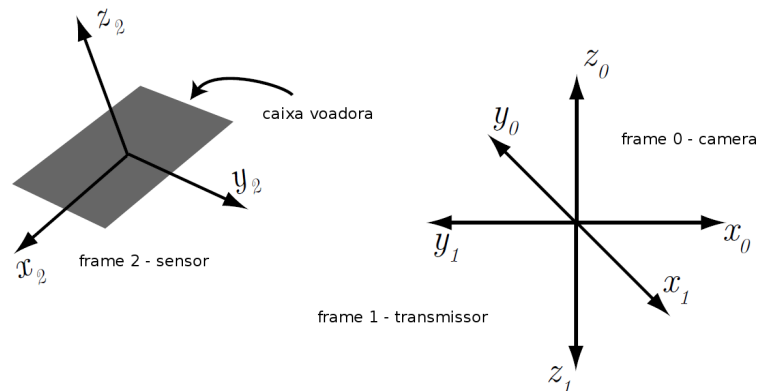
2) Renomeie o script inicial para *caixa_voadora_matricula.m* substituindo sua matrícula da UnB, de forma que cada aluno tenha um arquivo único.

3) Escreva seu nome no topo do arquivo .m e no título do gráfico como indicado nos comentários do código.

4) Execute o código e veja o que acontece. Na forma como está o script, a animação deverá ficar como a figura a seguir, e a parte de trás da caixa deve se mover para cima.



5) Leia sobre os frames definidos nos comentários do código e veja os diagramas abaixo



6) Modifique o código entre as duas linhas de asteriscos para calcular as coordenadas dos quatro vértices da caixa no frame da câmera (frame 0). Você deverá começar com as coordenadas fornecidas para esses vértices no frame do sensor (pa2, pb2, pc2 e pd2), e você deverá armazenar sua resposta final como pa0, pb0, pc0 e pd0.

Importante: Seus cálculos não podem utilizar nenhuma função do MATLAB, biblioteca ou código externo que trabalhe com matrizes de rotação, transformadas homogêneas, ângulos de Euler, roll/pitch/yaw ou tópicos relacionados. Ao invés disso, você deverá codificar todos os cálculos você mesmo, usando apenas funções de baixo nível como *sind*, *cosd*, e matemática de vetor/matriz.

As variáveis que você deverá trabalhar dentro do loop são x , y , z , a , e , r que foram gravadas pelo sistema de rastreamento magnético. Essas variáveis dão a posição e orientação do sensor (frame 2) com relação ao frame do transmissor (frame 1). Posições são medidas em cm.

A documentação do fabricante indica que a variável a é um ângulo dado em graus denotando uma rotação em torno do eixo z . A variável e , também em graus, indica uma rotação em torno do eixo y . A variável r , dada em graus, é uma rotação em torno do eixo x .

Entretanto, a documentação é ambígua sobre se as três rotações devem ser feitas em torno dos eixos do sensor (frame atual) ou do transmissor (frame fixo). É seu trabalho descobrir qual das duas convenções foi adotada pelo fabricante. Use o movimento da caixa no vídeo para checar a saída do seu código. Quando você conseguir a transformação correta, a caixa cinza da animação se moverá exatamente como no vídeo. Se não conseguir reproduzir o movimento perfeitamente, faça o melhor que puder e envie seu código para receber pontuação parcial.