

Construção de um sistema de Realidade Virtual (1^a Parte)

O Engine Físico

**Roberto Scalco, Fabrício Martins Pedroso,
Jorge Tressino Rua, Ricardo Del Roio, Wellington Francisco**

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia (CEUN-IMT)

Escola de Engenharia Mauá (EEM)

Praça Mauá, 1 – CEP 09580-900 – São Caetano do Sul – SP – Brasil

Neste artigo apresenta-se um projeto, desenvolvido por alunos da 6^a série – ênfase Computação – do curso de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia Mauá, que permite a simulação de um passeio ciclístico utilizando a Realidade Virtual. Os sentidos do ciclista serão estimulados tanto pela visão como pela reação de um motor acoplado na roda traseira da bicicleta.

1. DISPOSITIVO DE INTERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA

O projeto do dispositivo de interação em Realidade Virtual, ou seja, do dispositivo que interliga o mundo virtual com o usuário, gerando e fazendo a aquisição de seus estímulos, utiliza uma bicicleta como meio de navegação no mundo virtual, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 – Motor acoplado ao suporte de treino

2. INTRODUÇÃO À REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual visa integrar componentes que simulem estímulos diretamente ligados aos sentidos de visão, audição e tato. No projeto, a visão é estimulada pela representação gráfica do mundo virtual num óculos 3D (ou num monitor de vídeo) e o tato permite ao usuário perceber sensações de resistência à força, movimento e peso, para tornar essa realidade tão natural quanto a do mundo real.



Figura 1 – Dispositivo HMD da eMagain modelo Z800 3DVisor

Com base nesse conceito, foi desenvolvido o Passeio Ciclístico Virtual, uma aplicação de Realidade Virtual para o entretenimento. Uma bicicleta acoplada a um suporte de treino, junto ao motor e a alguns sensores, foi utilizada como interface homem-máquina (IHM), permitindo a navegação num ambiente virtual exibido por um dispositivo *Head Mounted Display* (HMD). Conforme a pessoa interage com mundo, o motor é acionado para aplicar mais ou menos força no pedal, simulando subidas e descidas, enquanto o HMD exibe duas imagens, levemente diferentes para cada olho, permitindo melhor percepção de profundidade. Esse dispositivo torna o custo do projeto muito alto; por isso pode ser substituído por um monitor convencional, apenas para exibir uma imagem do mundo virtual.



Figura 2 – Ponto de vista do usuário

3. ELEMENTOS DO PROJETO

O elemento central do projeto consiste de um PIC 16F877A que atua como ponte entre o *engine* físico e os elementos sensores e atuadores. Dos elementos ligados diretamente à bicicleta, temos um potenciômetro para medir o ângulo do guidão, um sensor foto-sensível associado a um *encoder* para medir a velocidade da roda traseira e um motor, acionado a favor ou contra o movimento da roda, fazendo-a girar livremente numa descida ou obrigando o usuário a aplicar mais força durante uma subida.

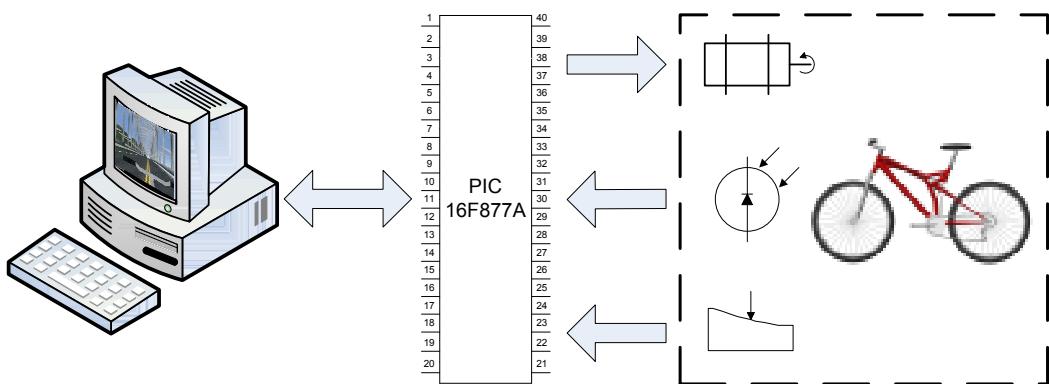


Figura 3 – Diagrama de fluxo de dados do projeto

Tanto as informações lidas dos sensores como as enviadas ao motor são processadas pelo computador, ou seja, deve ser estabelecida uma comunicação serial, utilizando-se o padrão RS232, entre o PIC e o computador.

Os detalhes sobre a leitura dos dados dos sensores e o acionamento do motor serão apresentados no próximo artigo.

4. COMPUTAÇÃO GRÁFICA

A modelagem do ambiente virtual tridimensional foi desenvolvida com base no aplicativo Autodesk 3DS Max 8. Desse modelo são extraídos seus vértices e faces, permitindo que sejam desenhados na tela pelo sistema de Realidade Virtual desenvolvido, utilizando-se para tanto a biblioteca gráfica OpenGL¹.

Outra informação fundamental do extraído modelo são os vetores normais à pista. Eles são responsáveis por informar ao *engine* físico (responsável pelos cálculos de posição, velocidade e aceleração da bicicleta) se a pessoa se encontra num plano horizontal ou inclinado. São sempre unitários ($\|\mathbf{h}\|=1$) e perpendiculares ao plano analisado.

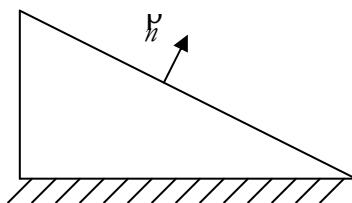


Figura 4 – Representação do vetor normal de um plano

Depois de encaminhado o vetor normal atual para o *engine* físico, o sistema de Realidade Virtual recebe a posição futura da bicicleta, recalculando toda a cena para aquele próximo ponto de vista, gerando sensação de movimentação no ambiente virtual.

¹ Curso de OpenGL disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/oswirad>>

5. ENGINE FÍSICO

O *engine* físico é o sistema responsável por processar as informações obtidas pela interação do usuário, adicionando-lhe os fenômenos físicos do mundo real.

As entradas desse sistema são:

- a velocidade imposta pelo ciclista ou pelo motor ao simular uma descida;
- o ângulo do guidão.

O *engine* físico envia dados para o sistema de controle (PIC) e para o sistema gráfico, fazendo com que o usuário possa perceber:

- a resposta dada pelo motor que acelera ou freia a roda traseira;
- a representação da bicicleta no sistema gráfico;
- o ângulo do guidão no sistema gráfico;
- a velocidade da bicicleta ao se observarem as rodas ou a paisagem.

5.1. Representação Matemática da Bicicleta

Para traduzir os fenômenos físicos para o sistema de simulação é necessário representar a bicicleta vetorialmente. A Figura 6 mostra que a bicicleta é representada por dois vetores: o corpo da bicicleta \vec{b} e, coplanar a ele, a direção do guidão \vec{c} .

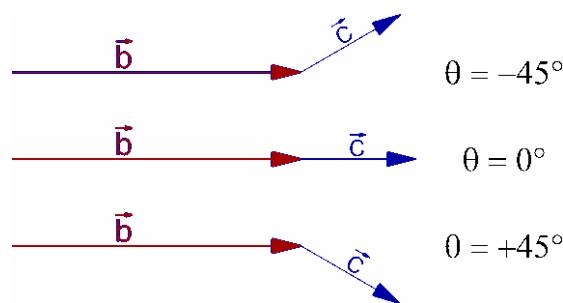


Figura 5 – Representação vetorial da bicicleta (vista superior)

5.2. Modelo Físico

A responsabilidade principal desse modelo é a de calcular a posição da bicicleta a cada iteração do processamento. O modelo entende que:

- a bicicleta é um corpo de massa m e com velocidade inicial nula ($\vec{v}_0 = \vec{0}$). Sua posição x é representada pelo o centro do guidão;
- a força do movimento \vec{F}_m é a soma da força aplicada pelo ciclista com a aplicada pelo motor;
- a força normal ao plano \vec{N} , em qualquer ponto da pista, é sempre considerada suficiente para anular a componente da força peso \vec{P} em sua direção.

A movimentação da bicicleta é determinada, a cada iteração, executando os seguintes passos:

Cálculo do intervalo de tempo entre as iterações Δt

A cada iteração é calculado o intervalo de tempo desde a última iteração válida. Esse valor é obtido pela diferença entre dois instantes de tempo do relógio do computador. Para que não ocorram erros relacionados à divisão por zero, apenas são utilizadas as iterações com $\Delta t \geq 0,01 \text{ ms}$.

Mudança do vetor do guidão \vec{b}

Para modificar o vetor do guidão, seria necessário calcular a diferença entre o ângulo atual θ do guidão e o ângulo lido anteriormente. Isto causaria um acúmulo de erros devido ao cálculo da diferença. Para evitar esse erro, o vetor \vec{b} não é modificado pela diferença, mas é recalculado com base em \vec{b} . A cada iteração, o vetor \vec{b} é girado de um ângulo θ , em relação ao vetor normal \vec{h} da posição X , e o resultado é armazenado como o novo vetor \vec{b} .

Leitura da velocidade e aplicação da força de movimento

A cada iteração é lida uma velocidade \vec{v} do sistema de controle. A partir dessa velocidade calcula-se a força \vec{F}_m para que possa ser considerada no cálculo da força resultante. Para isso, é utilizada a expressão:

$$\ddot{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_{atual} - \vec{v}_{anterior}}{\Delta t}$$

Com a aceleração calculada, pode-se obter \vec{F}_m utilizando-se a segunda lei de Newton, $\vec{F}_m = m \cdot \ddot{a}$. Essa força é aplicada na direção do vetor do guidão, dada pela divisão do vetor \vec{v} pelo seu módulo.

$$\vec{F}_m = |\vec{F}_m| \cdot \frac{\vec{v}}{|\vec{v}|}$$

Cálculo da força resultante \vec{F}_r da bicicleta

A força resultante é obtida do somatório das forças aplicadas na bicicleta.

$$\vec{F}_r = \vec{F}_m + \vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{at}$$

Sendo:

$\vec{P} = (m_b + m_c) \cdot \vec{g}$, que considera a massa da bicicleta e do ciclista;

$\vec{N} = |\vec{P}| \cdot \cos(\varphi) \cdot \vec{h}$, força aplicada na direção normal ao plano no ponto analisado;

φ o ângulo entre as direções de \vec{P} e \vec{N} ;

$|\vec{F}_{at}| = \mu \cdot |\vec{N}|$ é o módulo da força de atrito em relação ao solo, aplicada no plano das forças atuantes e de direção contrária a do movimento. Foi adotado $\mu = 0,01$;

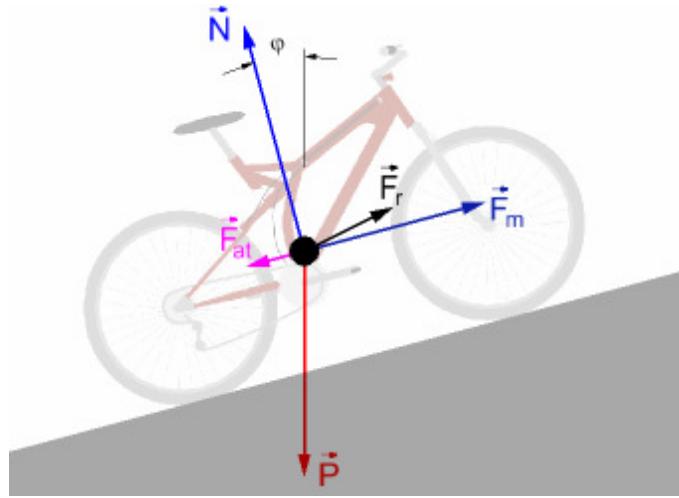


Figura 6 – Determinação da força resultante da bicicleta

Como restrição, se o ângulo formado entre a força resultante e o vetor do guidão for superior a 90° é atribuído o valor zero à força resultante. Dessa maneira, em vez de a bicicleta se mover para trás, permanecerá parada. Essa simplificação foi necessária para se evitarem problemas com o motor.

Cálculo da aceleração da bicicleta: $\ddot{v} = \frac{\mu}{m} \cdot F_r$.

Apenas é considerada a aceleração no plano vertical que contém a direção a bicicleta \vec{b} .

Cálculo da velocidade da bicicleta: $v_{atual} = v_{anterior} + \ddot{v} \cdot \Delta t$

Cálculo da posição da bicicleta no plano de movimento

Para determinar a próxima posição da bicicleta no ambiente virtual, utiliza-se a expressão:

$$X_{novo} = X_{atual} + v_{atual} \cdot \Delta t + \frac{\ddot{v} \cdot \Delta t^2}{2}$$

As posições X_{atual} e X_{novo} são pontos no espaço tridimensional, possuindo as três coordenadas da bicicleta.

Embora a aceleração não seja constante durante todo o movimento, essa expressão pode ser utilizada, pois os dois instantes de tempo em que as grandezas foram

analisadas e calculadas são muito próximos. Dessa forma, a aproximação apresenta bons resultados. Os efeitos da aceleração centrípeta são simplificados pela rotação do vetor definido pelos pontos X_{atual} e X_{novo} em relação ao vetor normal \vec{h} do plano. O ângulo dessa rotação é o ângulo do guidão θ .

Com a nova posição calculada deve-se calcular o ângulo α entre o vetor da direção da bicicleta \vec{b} e a direção do eixo \vec{z} . Esse ângulo permite classificar a região da pista onde a bicicleta está:

- **numa subida**, se $\alpha \leq 89,75^\circ$;
- **uma descida**, se $\alpha \geq 90,25^\circ$;
- **num plano horizontal**, caso contrário.

Se α revelar que a bicicleta está numa subida, o *feedback* de subida é acionado e o sistema de controle aciona o motor para que esse imprima um torque contra o usuário. Se α revelar que se trata de uma descida, o *feedback* de descida é acionado e o sistema de controle acelera o motor para que o usuário tenha a sensação de descida.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste primeiro artigo pudemos ver como a Física está diretamente ligada às grandezas que podemos medir e controlar. Pode-se notar que o *engine* físico é um importante elemento do processo, embora o PIC atue como interface entre os periféricos e a CPU.

Os elementos sensores e o motor serão tratados no próximo artigo. Além disso, como o enfoque deste artigo não é a representação das imagens geradas, o programa que realiza a comunicação com o PIC, executa os cálculos de Física e exibe as imagens no monitor está disponível no sítio da revista. O programa foi desenvolvido utilizando-se o ambiente Delphi 6.0.

Anexos (quadros complementares)

Para o cálculo das grandezas físicas, os vetores foram representados com uma seta sobre o nome da variável, por exemplo \vec{F}_r . Matematicamente, esses vetores possuem três componentes, cada um associado a uma direção: X, Y e Z.

Do ponto de vista computacional, utilizamos variáveis indexadas unidimensionais para representar essas listas de valores.

Para o cálculo da nova posição da bicicleta, foi necessário utilizar algumas operações do cálculo vetorial: a soma de dois vetores (ou a soma de um ponto e um vetor), a multiplicação de um vetor por um número real e a determinação do módulo do vetor.

Os fluxogramas das funções a seguir mostram como realizar esses cálculos:

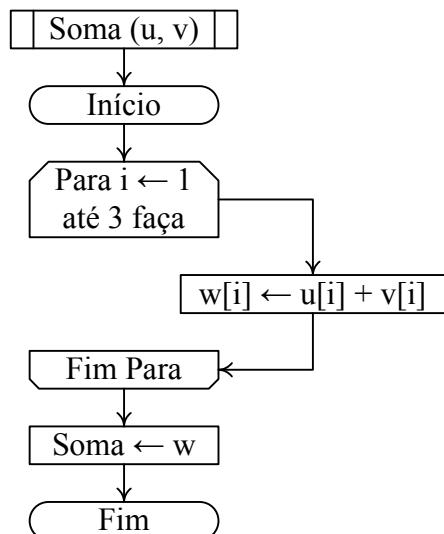


Figura 7 – Soma de vetores \vec{u} e \vec{v}

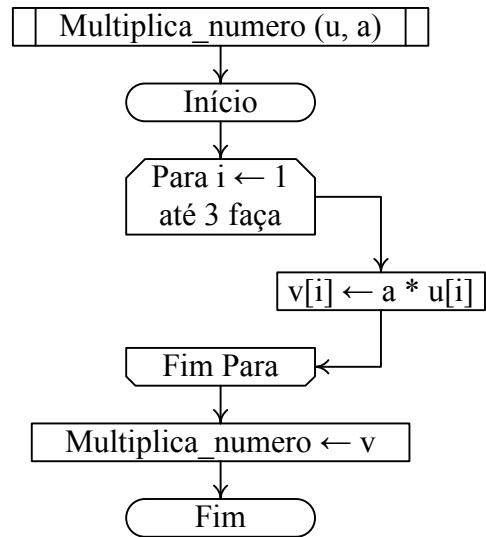


Figura 8 – Multiplicação de um número real a pelo vetor $\overset{\omega}{u}$

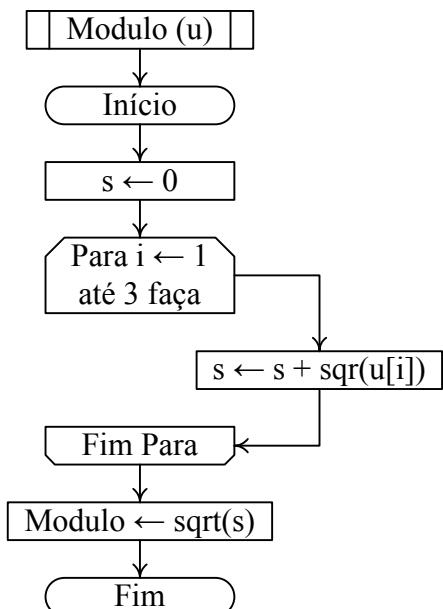


Figura 9 – Cálculo do módulo do vetor $\overset{\omega}{u}$