

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE INTERAÇÃO PARA MUNDOS VIRTUAIS UTILIZANDO UMA BICICLETA COMO INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

Ricardo Del Roio¹, Fabrício Martins Pedroso², Jorge Jorge Tressino Rua³,
Wellington Francisco⁴, Roberto Scalco⁵

Abstract — *This work presents the development of a virtual reality interface device project, allowing users simulate a bicycle ride. It was developed the software and the hardware for this objective, being the last one the main in this article. A suspended bike is used as a substructure for monitoring the bicycle handlebar and the back wheel movements. A microcontroller sends all this information to a computer which receives and applies in a virtual reality world that is render through a Head Mounted Display LCD. Beyond this, the microcontroller receives information from a physic engine, developed particularly for this project, using then as control of motor sense and speed, creating a simulation of climbing or descent.*

Index Terms — *Bicycle Ride, Immersive Virtual Reality, Interaction Human-Machine, Virtual World.*

INTRODUÇÃO

m meio a situações em que as pessoas fazem cada vez menos atividades físicas em virtude de diversos fatores como tempo, local apropriado e até mesmo a falta de segurança tornou-se necessário adequar a pratica de um esporte (ou lazer) a nova realidade que tem suas próprias regras e fundamentos. A idéia da realidade virtual é integrar componentes que simulem estímulos sensoriais de visão, audição e tato, e sensações de resistência à força, movimento e peso para tornar essa nova realidade tão natural de ser usada quanto o real, realizando assim a interação homem-máquina [1,2].

A Realidade Virtual pode ser definida, de uma maneira simplificada, como sendo a forma mais avançada de interface do usuário de computador disponível até o momento. Com aplicação na maioria das áreas do conhecimento e com um grande investimento das indústrias na produção de *hardware*, *software* e dispositivos especiais para a interação, a Realidade Virtual vem experimentando

um desenvolvimento acelerado nos últimos anos, apresentando perspectivas bastante promissoras para os diversos segmentos vinculados à área.

Um dispositivo de interface homem-máquina adequado à Realidade Virtual envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual visualizando, manipulando e explorando os dados da aplicação em tempo real. Isto é possível atuando nos sentidos do usuário, particularmente os movimentos naturais do corpo. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual. Para suportar esse tipo de interação, o usuário utiliza dispositivos não convencionais como capacete de visualização e controle, luva e outros. Estes dispositivos dão ao usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, por exemplo, para apontar, pegar ou realizar outras ações [3].

TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta um conjunto de projetos e aplicações que serviram como base para o desenvolvimento do passeio ciclístico virtual.

VirtuSphere

O *VirtuSphere* é atualmente a única tecnologia no mundo na qual permite o usuário se mover em um espaço virtual, pelo movimento físico mais natural de todos, andando.

Esse dispositivo consiste em uma grande esfera oca, posicionada sobre uma plataforma especial que permite o deslizamento da esfera para qualquer direção que o usuário andar. O usuário entra na esfera com um dispositivo *Head Mounted Display*, que permite a visualização virtual em

1 Ricardo Del Roio, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, ricardodr@gmail.com

2 Fabrício Martins Pedroso, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, fabricao.pedroso@gmail.com

3 Jorge Teressino Rua, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, jtressino@gmail.com

4 Wellington Francisco, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, xharkos@uol.com.br

5 Roberto Scalco, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, sala G-02, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, roberto.scalco@maua.br

qualquer direção. Conforme o usuário se move, sensores sobre da esfera transmitem informações sobre a velocidade e direção do usuário para o computador.

Com essa tecnologia é possível que usuário ande dentro de espaços virtuais como museus, ou até mesmo que seja conduzido a treinamento policial ou militar em uma maneira muito mais realística do que é realizado hoje [4].



FIGURA. 1

USUÁRIO SE MOVENDO NA ESFERA *VIRTUSPHERE*.

Dispositivo de navegação em mundos virtuais

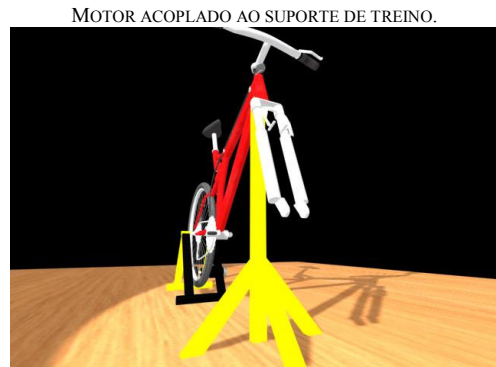
O projeto de criar um dispositivo de navegação, implantação do laboratório de Realidade Virtual da PUCRS, consiste na captura de movimentos do usuário em uma bicicleta, utilizando dois dispositivos elétricos acoplados na roda e no guidão. A visualização de um mundo virtual simples é realizada pelo dispositivo *Head Mounted Display*. Não foi desenvolvida nenhuma forma de resposta física para o usuário, comprometendo a sensação de imersão [5].

ELEMENTOS BÁSICOS DO PROJETO

O ambiente virtual desenvolvido possibilita a simulação de um passeio ciclístico, utilizando uma bicicleta comum acoplada a um suporte de treino comercial modificado [6], apresentado na figura 2, para acoplar um motor à roda traseira. Para evitar arrasto da bicicleta enquanto o usuário movimentava o guidão, foi desenvolvido um suporte para a roda frontal, como pode ser visto na figura 3.



FIGURA. 2



MOTOR ACOPLADO AO SUPORTE DE TREINO.

FIGURA. 3

SUPORTE FRONTAL.

A sensação de descida ou subida é realizada pelo controle da velocidade e torque, que acelera ou freia o motor em tempo real, dependendo da resposta do mundo virtual para a situação atual. De maneira análoga, a direção e a velocidade atual da bicicleta são obtidas, respectivamente, a partir de sensores localizados no guidão e na roda traseira. Esses sensores enviam os dados obtidos para o dispositivo de controle digital, no caso um microcontrolador PIC, como pode ser analisado no diagrama da figura 4.

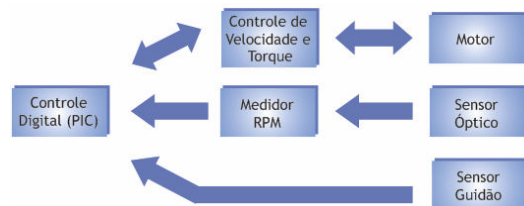


FIGURA. 4

DIAGRAMA DE CONTROLE DOS SENSORES E MOTOR.

Todas as informações obtidas pelo controle digital são enviadas para o microcomputador através de uma comunicação serial, utilizando o protocolo RS-232. Nessa transmissão, as informações de controle do motor também são enviadas do microcomputador ao controle digital.

As informações são recebidas por um *engine* físico, desenvolvido especialmente para esse projeto. Desta maneira, é possível executar o cálculo da nova posição do avatar (a representação do usuário no mundo virtual).



FIGURA. 5

OBTENÇÃO DAS INFORMAÇÕES PELO PC.

As imagens tonalizadas são enviadas ao *Head Mounted Display* com uma taxa de atualização média de 60 f.p.s., criando uma sensação visual de realismo imersivo, em tempo real. Para um maior realismo, esse dispositivo utilizado oferece o recurso de *Head Tracking*, que emula o “olhar em volta”, ou seja, permite que o usuário olhe para qualquer direção no mundo virtual em até 360° em qualquer eixo de visualização.

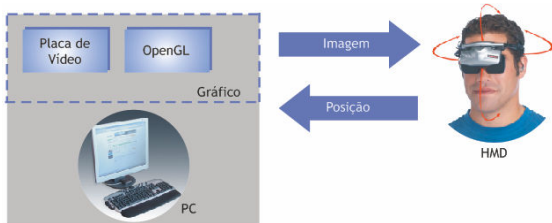


FIGURA. 6
TONALIZAÇÃO E POSIÇÃO DO HEAD TRACKING.

IMPLEMENTAÇÃO

O desenvolvimento do dispositivo de interação tem como principal função a aquisição de dados referentes à velocidade da bicicleta, adquirido por um sensor na roda traseira, a direção do guidão e a medição de torque exercido no motor acoplado ao rolo do suporte de treino da bicicleta. Além das aquisições, foram desenvolvidos dois sistemas de controle, sendo um para simulação de subidas e outro para simulação de descidas.

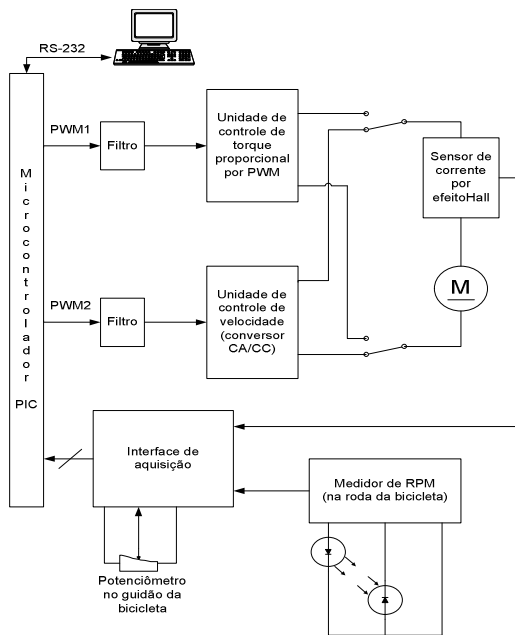


FIGURA. 7

DIAGRAMA GERAL DO DISPOSITIVO DE INTERAÇÃO COM O MUNDO VIRTUAL.

O principal elemento centralizador da aquisição, controle e comunicação com o aplicativo de realidade virtual utilizado é um microcontrolador Microchip PIC16F877A. Cada uma de suas duas saídas de PWM, depois de serem transformadas em sinais analógicos por filtros passa-baixas, é utilizada para comando das unidades de controle. A aquisição de dados é realizada a partir de três entradas analógicas do conversor A/D do microcontrolador. O controle da reversão do motor é feito por meio de um relê com dois contatos reversíveis, permitindo a simulação de subidas e descidas. O diagrama do dispositivo de interação é mostrado na figura 7 e o fluxograma do funcionamento do PIC na figura 8.

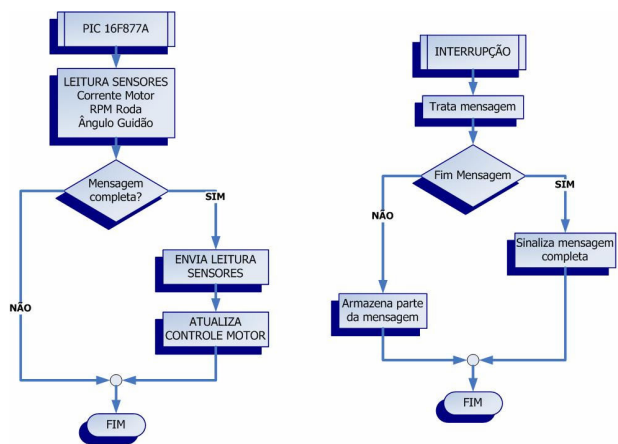


FIGURA. 8
FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO PIC.

Medidor de RPM

O circuito medidor de RPM detecta por meio de um sensor óptico de passagem os raios da roda da bicicleta. O objetivo principal do circuito é fazer a conversão da frequência medida entre 0 a 400 Hz em níveis de tensão entre 0 a 5 V. Com essa tensão de referencia é possível fazer a conversão da velocidade de rotação da roda em velocidade linear no mundo virtual.

Sistema de controle de velocidade

Esta unidade do sistema de interação permite que o motor acoplado ao rolo do suporte da bicicleta gire no sentido a favor em que o usuário pedala, com o objetivo de simular situações de descida.

Para este controle, foi utilizado um conversor CA/CC tristorizado de dois quadrantes variando sua saída de 0 a 110 Vcc correspondendo a uma variação no motor de 0 a 6000 rpm, como pode ser analisado na figura 9. Por motivos de segurança, o comando de controle para o conversor é proveniente de uma interface de isolamento galvânica que recebe um sinal de 0 a 10 Vcc da interface ligada ao microcontrolador.

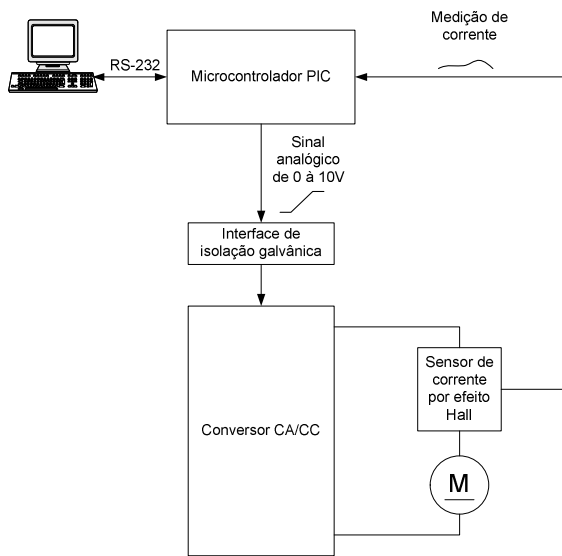


FIGURA. 9
SISTEMA DE CONTROLE DE VELOCIDADE.

Sistema de controle de torque proporcional por PWM

O sistema do controle proporcional de torque, apresentado na figura 7, exerce uma força contrária ao movimento da roda traseira da bicicleta de modo que o ciclista (usuário) tenha que fazer um esforço maior, simulando uma subida. Mediante a inclinação da pista e de parâmetros fornecidos pela *engine* física do mundo virtual, o torque desejado é alcançado com um comando analógico de 0 a 5 V aplicado ao controle do motor.

Um sinal de tensão sobre um resistor shunt (sensor de corrente) em série com o circuito permite a realimentação do sistema de controle de modo a manter o torque exercido na roda da bicicleta constante com o valor de controle. Um segundo sensor de corrente por efeito Hall realimenta o microcontrolador com a medição da corrente atual do motor [8]. Na etapa de potência para chaveamento do motor por PWM foi utilizado um arranjo de quatro mosfets de potência em paralelo, fixados em um *cooler* para resfriamento. Esse arranjo de mosfets é ativado por meio *drivers* seguindo projetos de controle de uso geral [7,9,10]. O motivo para a topologia paralela é a distribuição da carga de potência sobre quatro mosfet, distribuindo a dissipação de calor e evitando a modificação de características elétricas dos componentes.

O controle de torque proporcional por PWM foi desenvolvido com amplificadores operacionais em toda sua parte de controle e geração do sinal de PWM. Um gerador de funções foi utilizado para gerar um sinal triangular preciso que é utilizado num comparador com histerese. O outro sinal de referencia do comparador é oriundo de um somador que trabalha com um sinal de erro invertido mais e o valor de torque desejado [11]. Esse sistema pode ser analisado na figura 10.

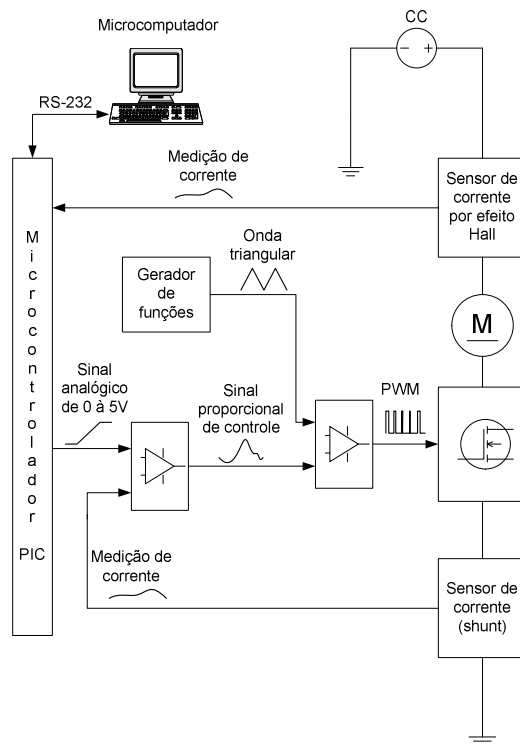


FIGURA. 10
SISTEMA DE TORQUE PROPORCIONAL POR PWM.

RESULTADOS

O desenvolvimento de cada unidade do *hardware* foi realizado com testes para calibração. As respostas do sistema, assim como as sensações percebidas pelos usuários na bicicleta demonstraram ser muito satisfatórios. Principalmente nas simulações de subidas, em que o usuário da bicicleta precisa exercer um esforço muito similar ao de uma situação do mundo real.

O controle de torque proporcional do motor, além de servir para simular subidas, pode ser usado também para simular situações de colisão com algum obstáculo do mundo virtual de modo que o usuário sente uma forte resistência brusca no instante de uma possível colisão. Isto foi possível com alto torque aplicado em um pequeno período de atuação.

CONCLUSÃO

A utilização de um dispositivo para interação de uma bicicleta com um ambiente de realidade virtual do projeto foi essencial para fornecer ao usuário do sistema uma imersão mais profunda no passeio virtual.

À medida que se busca uma maior imersão do usuário no sistema, torna-se mais complexo o desenvolvimento da interface de interação entre o usuário e o dispositivo de navegação no ambiente virtual assim como o custo da

construção deste sistema. O projeto buscou simular algumas situações de um mundo real. Para projetos futuros é possível construir um sistema mais complexo e robusto com um único controle de potência para o motor a fim de simular subidas e descidas do circuito do ambiente virtual.

AGRADECIMENTO

Os integrantes do projeto agradecem ao Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] HAMIT, F. "Realidade virtual e a exploração do espaço cibernético". Rio de Janeiro, RJ: Berkeley, 1993. 372p.
- [2] WODASKI, R. "Extravagâncias em realidade virtual". Rio de Janeiro, RJ: Berkeley, 1993. 528p.
- [3] PINHO, M.S., KIRNER, C. "Uma introdução à realidade virtual". Disponível em < <http://grv.inf.pucrs.br/Pagina/TutRV/tutrv.htm>>. Acesso em: 02 out. 2006.
- [4] VirtuShere, Inc. Disponível em <<http://www.virtusphere.net/product.htm>>. Acesso em 21 out. 2005.
- [5] PINHO, M. S., *et. al.* "Criação de um dispositivo de navegação em mundos virtuais". Disponível em < <http://grv.inf.pucrs.br/Pagina/Projatos/Bike/Bike.htm>>. Acesso em 06 ago. 2005.
- [6] Home Trainer – J.D. Components. Disponível em < <http://www.jdtranzx.com/products/hometrainer/2.htm>> Acesso 13 jan. 2006.
- [7] DUNN, J, "Matching MOSFET Drivers to MOSFETs", Microchip Application Note, AN799, dez. 2004
- [8] LEPKOWSKI, J, "Motor Control Sensor Feedback Circuits", Microchip Application Note, AN894, nov. 2003
- [9] CONDIT, R, "Brushed DC Motor Fundamentals", Microchip Application Note, AN905, jan. 2004
- [10] RYLEE, M, "Low-Cost Bidirectional Brushed DC Motor Control Using the PIC 16F684", Microchip Application Note, AN893, nov. 2003
- [11] SIQUEIRA, J, "Bloco 3 do projeto. Comparador com Histerese para circuito PWM". Apostila de graduação EE-641. FEE - UNICAMP. Disponível em < http://www.demic.fee.unicamp.br/~siqueira/EE_641/E641_P2.pdf>. Acesso em 20 ago. 2006.