

JOGOS COMPUTACIONAIS PARA REABILITAÇÃO ROBÓTICA

Leonardo José Consoni, Escola de Engenharia de São Carlos, consoni_2519@hotmail.com
Adriano Almeida Gonçalves Siqueira, Departamento de Engenharia Mecânica, siqueira@sc.usp.br

Resumo. *Avanços tecnológicos recentes vêm permitindo experimentos com o uso de robôs em terapias de reabilitação motora, para vítimas de fraturas ou doenças neurológicas. Esses experimentos, por sua vez, abrem a possibilidade de uso de outras novas técnicas. O trabalho aqui apresentado se dedica à criação de jogos computacionais para reabilitação, bem como ao desenvolvimento de uma infraestrutura que permita seu uso em conjunto com terapia robótica. São apresentadas todas as ferramentas utilizadas na implantação de um sistema de comunicação em rede de jogos multijogador controlados por órteses robóticas. Ao fim, são colhidos alguns resultados de desempenho do sistema e discutidas algumas melhorias necessárias.*

Palavras chave: *reabilitação, robótica, jogos, serious games, telecomunicação.*

1. INTRODUÇÃO

Doenças neurológicas e fraturas de ossos e articulações estão entre os problemas de saúde que mais acometem a população, em especial nas faixas etárias mais avançadas, acima de 65 anos (Krebs et al., 2008). A tendência de envelhecimento da população mundial, pelo aumento da expectativa de vida, combinada com a proliferação de fatores de risco, como sedentarismo e maus hábitos alimentares, contribuem para um crescimento do número de pessoas mais propensas a sofrerem com essas enfermidades. Suas consequências envolvem não apenas uma queda da qualidade de vida e da capacidade produtiva do indivíduo afetado (pelo comprometimento de funções motoras), bem como um encargo sobre os sistemas de saúde (que precisam fornecer tratamentos de reabilitação).

Dentre as doenças neurológicas, o Acidente Vascular Encefálico (AVE ou “derrame”), em particular, é uma das 3 principais causas de mortalidade no mundo, mesmo que as melhorias nos primeiros socorros e tratamentos posteriores permitam hoje uma taxa de sobrevivência, entre as vítimas, de cerca de 50%. E, apesar de os avanços na medicina garantirem um número grande e crescente de sobreviventes, cerca de 80% deles acabam sofrendo com alguma seqüela motora do derrame (Centro de Reumatologia e Ortopedia Botafogo, 2009).

Conseqüentemente, há um aumento das solicitações de serviços de saúde pública, que absorvem a maior parte desses pacientes, e já se encontram bastante sobrecarregados em diversos lugares. E assim, cria-se a motivação para a busca por novas formas de tratamento, que substituam ou complementem os métodos convencionais, e que retornem a pessoa tratada às suas atividades habituais, mais rapidamente, com menos recursos, e com qualidade igual ou superior.

Recentemente, a aplicação de robótica em terapias de reabilitação motora vem se tornando uma proposta cada vez mais frequente (Krebs et al., 2008, Marchal-Crespo e Reinkensmeyer, 2009). O uso de robôs (na forma de efetadores, órteses ou exoesqueletos) como interface entre o paciente e o terapeuta oferece vantagens teóricas de: menor número de profissionais necessários em uma sessão de tratamento, melhor controle da força de auxílio ou resistência aplicada durante os exercícios, e maior precisão na medição de seu desempenho.

Além do impacto direto na eficiência da terapia convencional, a presença de um robô que troca informações – para controle e monitoramento – com um sistema computacional abre novas possibilidades para o tratamento, como o registro de dados de várias sessões (para avaliação mais objetiva da evolução do paciente), comunicação a distância (entre o terapeuta e o sistema robótico no qual a pessoa é tratada), e uso de realidade virtual, essa última possivelmente na forma de jogos eletrônicos, como em Andrade et al. (2011, 2013), Gonçalves et al. (2013).

Ambientes virtuais, especificamente, podem desempenhar a função de apresentar ao paciente objetivos motores a serem atingidos, de forma mais intuitiva. Elementos visuais e sonoros de um jogo, por exemplo, além de sugerirem ações ao jogador, se alteram de acordo com seu desempenho, mantendo-o entretido e focado na tarefa proposta, o que é importante, considerando-se que a motivação é um dos principais fatores envolvidos no tratamento. Além da resposta audiovisual, a imersão do paciente – e conseqüente atenção ao exercício – pode ser elevada por meio de uma resposta tátil (*force feedback*), fornecida pelo equipamento robótico, nesse caso.

Baseando-se nesse e em outros trabalhos, foi desenvolvido no Laboratório de Reabilitação Robótica da Escola de Engenharia de São Carlos (ReRob) um sistema para estudo da aplicação de robôs na reabilitação motora de vítimas de AVE, mais especificamente no tratamento da hemiparesia, uma de suas seqüelas (Leitão et al., 2006). O sistema é composto principalmente do exoesqueleto para membros inferiores *Exo-Kanguera*, desenvolvido em Jardim, Santos e Siqueira (2012), e dos jogos computacionais e demais ferramentas de software, que serão apresentados aqui.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Hardware

O *Exo-Kanguera*, Fig. (1a), faz uso de controle de impedância (Hogan, 1985), implementado, fisicamente, por meio de atuadores elásticos em série (AES) e, virtualmente, de um algoritmo de controle, processado por um PC conectado ao exoesqueleto. A comunicação entre o computador e os motores de cada AES – do calcanhar, joelho e quadril – é realizada por meio de uma placa de rede CAN (*National Instruments PCI-8513*, Fig. (1b)), que se liga às interfaces (*Maxom Motor EPOS Drive*, Fig. (1c)) de cada atuador. A adoção do controle de impedância permite lidar melhor com forças de interação entre exoesqueleto e paciente, deixando que o primeiro ceda aos movimentos do segundo mesmo que esteja sendo ativamente atuado, capacidade denominada *backdrivability*.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. (a) Exo-Kanguera montado (Jardim; Santos; Siqueira, 2012) e detalhes dos demais equipamentos utilizados: (b) placa NI PCI-8513 CNA/XS (Fonte: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/pt/nid/207321>) e (c) Controladora EPOS 24/5 (Fonte: <http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/EPOS-Detailsite>).

2.2. Software

Além do jogo virtual em si (denominado aqui *Unity Game*), as ferramentas de software (programas) que compõem o sistema também incluem uma interface gráfica (*RobRehabGui*) para o terapeuta e uma aplicação que atua como servidor central do sistema (*RobRehabServer*).

A necessidade de um servidor central vem do modelo de comunicação entre processos (IPC) adotado: diversas instâncias dos programas – clientes, nesse caso – utilizados, rodando em diferentes computadores, podem trocar informações entre si por intermédio dessa aplicação, desde que estejam conectados à Internet ou em rede local (LAN), Fig. (2). Essa conexão é implementada com uso dos BSD sockets, uma interface universal de comunicação via protocolo IP (Hall, 2011). O modelo cliente-servidor adotado (semelhante ao encontrado em Andrade et al. (2013)) abre

a possibilidade de interação a distância, não apenas entre médico e paciente, mas entre 2 ou mais pacientes, em atividades competitivas ou cooperativas.

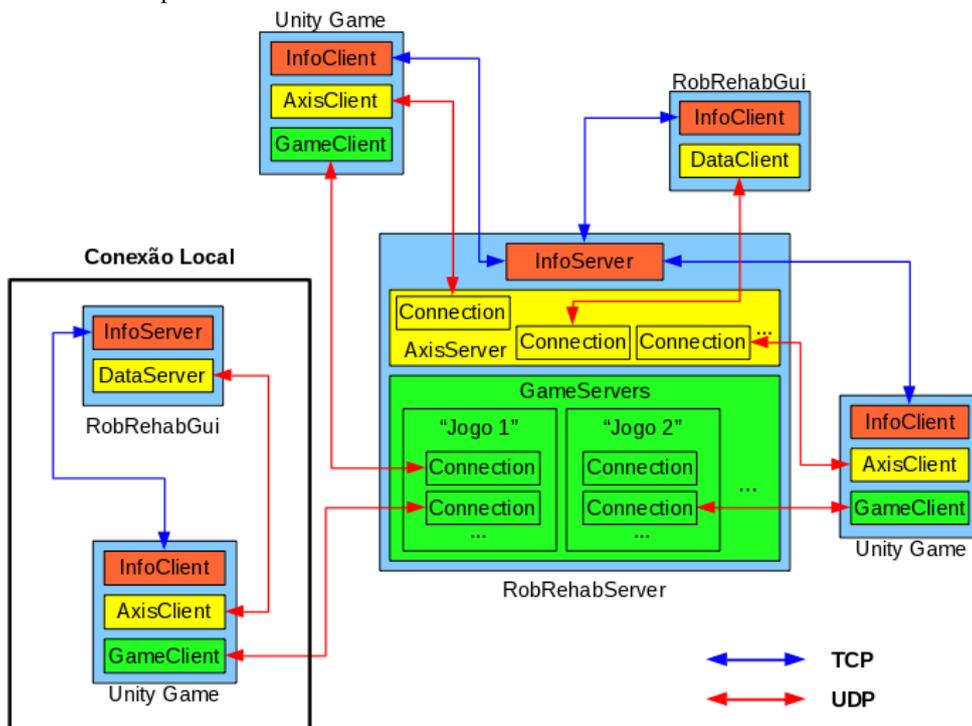


Figura 2. Possíveis configurações de conexão entre aplicações, seguindo o modelo cliente-servidor proposto (Note que para conexões locais o intermédio de *RobRehabServer* não é necessário).

A aplicação *RobRehabGui*, Fig. (3), é também a responsável por se comunicar com as EPOS (via protocolo CANOpen), implementando o algoritmo de controle de impedância descrito. Graficamente, são apresentados dados coletados em tempo real dos motores do exoesqueleto (que indicam o desempenho do paciente), e controles que permitem ao profissional de saúde ajustar seu comportamento (rigidez e amortecimento das juntas atuadas).



Figura 3. Interface gráfica de *RobRehabGui* em funcionamento.

Ambos os programas tem suas funcionalidades de mais baixo nível (comunicação via CAN e sockets, controle de impedância, etc.) escritas em linguagem C, com processamento dividido em *threads*, para obter maior paralelismo. Algumas dessas funções são expostas em um interpretador Python (incluído no código), linguagem na qual é definida, em scripts, a lógica de funcionamento da aplicação e são criados seus elementos gráficos – com o *toolkit* TK.

Comunicando-se com essas duas aplicações, as informações sobre os movimentos do paciente (vestindo o exoesqueleto) podem ser utilizadas como comandos para o jogo virtual. Esse, por sua vez, foi criado no editor da *engine* Unity3D, que usa a linguagem C# (para a qual uma implementação dos *BSD sockets* também está disponível). Pelo uso de uma *game engine*, várias funcionalidades de mais baixo nível (gráficos, sons, entrada/saída) já são prontamente incluídas, simplificando o desenvolvimento do jogo e permitindo um foco maior em sua adequação ao uso em terapias de reabilitação. Além disso, a modularidade de componentes e código proporcionada pela Unity3D permite que boa parte do trabalho realizado possa ser reutilizada em outros projetos semelhantes, mas com diferentes propostas de ambientação e jogabilidade (*gameplay*).

No jogo de exemplo, Fig (4), criado para testes de viabilidade do sistema, o objetivo de mover, independentemente, duas das juntas do Exo-Kanguera – definidos em uma tela de calibragem – é apresentado na forma de uma pescaria, na qual é necessário acompanhar o movimento do peixe fígado, puxando-o nos momentos corretos, que são indicados na tela. Nesse caso simplificado, não são esperadas colisões entre os elementos controlados e o cenário, e o *feedback* para o paciente é apenas visual e sonoro.



Figura 4. Tela de *gameplay* do jogo de exemplo (“Pescaria”).

3. RESULTADOS PARCIAIS

Testes com pacientes reais, voltados efetivamente para os resultados da terapia robótica (melhora de desempenho e aprendizado motor, em comparação com os métodos convencionais), não são facilmente realizáveis devido à burocracia envolvida. Apesar disso, experimentos do tipo já foram realizados em outros estudos promovidos pelo ReRob, evidenciando a eficiência de sistemas de reabilitação semelhantes ao apresentado aqui (Gonçalves, 2013).

No caso desse artigo, os ensaios até então se limitaram a um estudo de viabilidade. Medindo-se, mais especificamente, o desempenho da comunicação entre as aplicações, algumas limitações do sistema podem ser encontradas e corrigidas antes do seu teste em situações reais. Para isso, foi realizada, de forma controlada, a troca de mensagens entre o servidor e uma instância da aplicação do terapeuta ou do jogo. A cada informação enviada pela segunda, este aguarda uma resposta do primeiro, e são registrados os momentos de envio da mensagem, recebimento pelo servidor, e recebimento da resposta pelo enviante. Os testes utilizaram diferentes configurações possíveis, rodando os processos comunicantes na mesma máquina (conexão local) ou em máquinas distintas (conexão remota).

Na Figura 5, um dos resultados obtidos é apresentado graficamente. São mostrados os tempos de resposta (diferenças entre envios e recebimentos) das mensagens, que indicam as latências (atrasos) da comunicação. Os resultados para outros casos não fogem muito a esse comportamento.

De uma maneira geral, os resultados são satisfatórios, com atrasos de resposta pouco perceptíveis, abaixo de 50 milissegundos. Porém, ocorrem alguns picos esporádicos, que necessitariam de uma investigação maior do código para eliminação de suas causas, ou para criação de algum algoritmo que tratasse adequadamente os atrasos, minimizando seu impacto no desempenho do sistema.

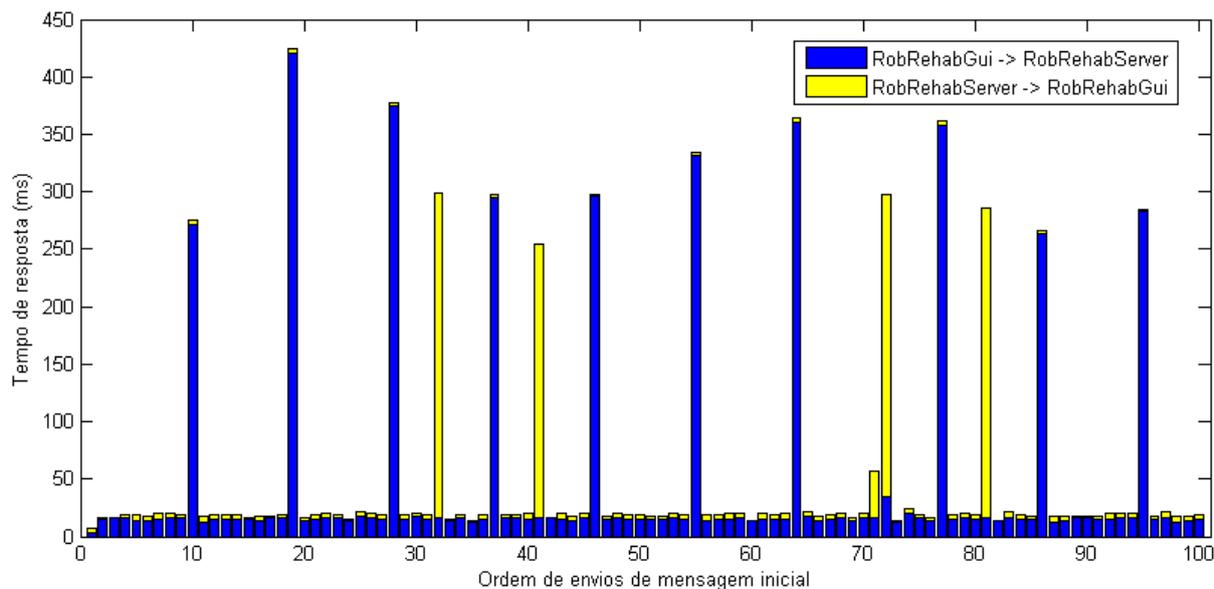


Figura 5. Latências de comunicação local entre *RobRehabGui* e *RobRehabServer*.

4. REFERÊNCIAS

- Andrade, K. O., Oliveira, F. L., Vieira, L. C., Jardim, B., Siqueira, A. A. G., 2011, “Serious Games for Robotic Rehabilitations of Ankle Movements”, 21st International Congress Of Mechanical Engineering, Natal, Brasil.
- Andrade, K. O.; Fernandes, G.; Junior, J. M.; Roma, V. C.; Joaquim, R. C.; Caurin, G. A. P., 2013, “Rehabilitation Robotics an Serious Games: An Initial Achitecture for Simultaneous Players”. Biosignals And Biorobotics Conference, Rio de Janeiro, Brasil.
- Jardim B., Santos, W. M., Siqueira, A. A. G., 2012, “Development of an exoskeleton for lower limbs rehabilitation”, 5th Workshop In Applied Robotics And Automation, Bauru, Brasil.
- Krebs, H. I.; Dipietro, L.; Levy-Tzedek, S.; Fasoli, S. E.; Rykman-Berland, A.; Zipse, J.; Fawcett, J. A.; Stein, J.; Poizner, H.; Lo, A. C.; Volpe, B. T.; Hogan, N., 2008, “A Paradigm Shift for Rehabilitation Robotics”. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine.
- Centro de Ortopedia e Reumatologia Botafogo, 2009, “Primeira causa de morte no país, o AVC é uma questão de saúde pública urgente”, 15 Jun. 2014, <<http://www.creb.com.br/site/destaques/primeira-causa-de-morte-no-pais-o-avc-e-uma-questao-de-saude-publica-urgente/>>.
- Marchal-Crespo, L.; Reinkensmeyer, D. J., 2009, “Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury”. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2009.
- Gonçalves, A. C. B. F.; Siqueira, A. A. G.; Santos, W. M.; Consoni, L. J.; Amaral, L. M. S.; Franzolin, S. O. B., 2013, “Development and Evaluation of a Robotic Platform for Rehabilitation of Ankle Movements”, 22st International Congress Of Mechanical Engineering, Ribeirão Preto, Brasil.
- Hogan, N., 1985, “Impedance Control: An approach to manipulation”, Journal of Dynamic Systems Measure Control.
- Leitão, A. V., Musse, C. A. I., Granero, L. H. M., Rossetto, R., Pavan, K., Lianza, S., 2006, “Espasticidade: Avaliação Clínica. Associação Brasileira de Medicina Física e Reabilitação”.
- Hall, B., 2011, “Beej’s Guide to Network Programming”, Jorgensen Publishing.

5. ABSTRACT

Recent technological advances have allowed experiments with the use of robots in motor rehabilitation therapies for victims of fractures or neurological diseases. These experiments, in turn, open the possibility of using other new techniques. The work presented here is dedicated to the creation of computer games for rehabilitation, and to the development of an infrastructure that allows its use in conjunction with robotic therapy. All tools used in the implementation of a network communication system for multiplayer games controlled by robotic orthosis are presented. At the end, some performance results of the system are collected and necessary improvements are discussed.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.