Introduzindo Aplicações no VPE-qGM para Visualização de Emoções entre Agentes

Lucas Barreiro Agostini[1], **Julio Machado**[1], **Renata Reiser e Mauricio Pilla**[1]

[1]Centro de Desenvolvimento Tecnológico – Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
96.010-610 – Pelotas – RS – Brazil

{lbagostini, jmdsneto, reiser, pilla}@inf.ufpel.edu.br

Resumo. *Este trabalho introduz os primeiros estudos para extensão da interpretação de algoritmos fuzzy via Computação Quântica, considerando a abordagem de processos e estados quânticos consolidada no ambiente de programação VPE-qGM (*Visual Programming Environment for the qGM Model*). O uso deste simulador viabiliza a modelagem de agentes pela simulação do paralelismo quântico e emaranhamento em sistemas multiqubits.*

1. Introdução

Genericamente, a descrição de um computador clássico se dá como uma máquina que lê e processa uma série de dados, codificados em zeros e uns. Estes estados podem ser representados fisicamente como sendo baixo e alto potencial, respectivamente. No paradigma Computação Quântica (CQ) tem-se ainda a superposição destes estados clássicos, e portanto os estados quânticos estendem o conceito de estados da computação clássica.

Os avanços tecnológicos que estão viabilizando a construção do *hardware* quântico exploram fenômenos da Mecânica Quântica (*MQ*) [Nielsen and Chuang 2000] para solução de problemas complexos, intratáveis para os supercomputadores atuais. Algoritmos quânticos estão sendo propostos, porém poucas são as plataformas para interpretação e testes, visto a simplicidade do *hardware* quântico atual.

Neste contexto, modelos e simuladores quânticos, sequenciais ou paralelos, introduzem novas abordagens para o estudo e desenvolvimento desses algoritmos, entretanto, não suportam sistemas quânticos complexos ou nem sempre estão disponíveis para uso e desenvolvimento de novas aplicações [Viamontes 2007].

A simulação de algoritmos quânticos exige a implementação do qubit, estendendo o conceito de bit clássico. O estado quântico associado a um qubit se dá pela combinação linear de vetores bidimensionais, $|0\rangle$ e $|1\rangle$ em superposição, satisfazendo as condições de normalização. Então, na notação de Dirac, tem-se que $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, onde α e β são as amplitudes dos estados quânticos, e já que os estados estão normalizados, tem-se que $\sqrt{|\alpha|^2 + |\beta|^2} = 1$. Esta representação permite que os estados assumam diversos valores, que podem ser geometricamente representados como pontos na esfera de Bloch.

Este trabalho considera a integração de duas áreas de pesquisa, Lógica Fuzzy (LF) e Computação Quântica (CQ) viabilizando tanto a modelagem da imprecisão inerente a linguagem natural bem como a investigação de novos paradigmas para problemas de restrição de satisfação (CSP) frequentemente associados ao desenvolvimento de interfaces de comunicação de agentes e/ou robôs em IA. Torna-se interessante investigar a extensão

dos conceitos de conjuntos fuzzy que podem ser representados por processos e estados de um computador quântico.

Em [Maron et al. 2013c], a simulação de portas fuzzy vem sendo simuladas por processos e estados no VPE-qGM (*Visual Programming Environment for the qGM Model*). enquanto que os resultados apresentados em [Raghuvanshi and Perkowski 2010], são obtidos considerando o modelo de Circuitos Quânticos.

Este trabalho introdutório está inserido nesta proposta abrangente de extensão da interpretação de algoritmos fuzzy via circuitos quânticos, considerando para tal a abordagem de processos e estados quânticos consolidada no ambiente de programação VPE-qGM [Maron et al. 2013a, Maron et al. 2013b].

Mais especificamente, o VPE-qGM é considerado para modelagem e implementação do paralelismo quântico aplicada um estudo de caso – Policial/Prisioneiro, envolvendo três agentes. A modelagem de emoções entre dois policiais e um prisioneiro no estudo de caso PP também faz uso do emaranhamento quântico [Nielsen and Chuang 2000], conforme proposto em [Raghuvanshi et al. 2007].

Na continuidade, busca-se a modelagem de sistemas multiagentes que envolvem muitos qubits, pela simulação do paralelismo quântico em sistemas multiqubits via processamento paralelo em arquiteturas multiprocessadas, como são atualmente implementados os algoritmos quânticos no VPE-qGM e/ou gerenciados pelo VirD-GM (*Virtual Distributed Geometric Machine Model*).

2. VPE-qGM

O ambiente VPE-qGM tem como objetivo gerar processos abstraindo, se desejável, as construções associadas aos processos e estados parciais associados a aplicações multiqubits, disponibilizando uma análise passo-a-passo de como os estados (globais/parciais) evoluem durante a computação. Integrado ao VPE-qGM, tem-se o componente qCEdit, cuja interface permite que se represente graficamente os circuito correspondentes às aplicações simuladas no VPE-qGM.

2.1. Estudo de caso Policiais e Prisioneiros

Pela interface gráfica da VPE-qGM, obtém-se a criação e simulação paralela dos processos que descrevem o estudo de caso Policiais e Prisioneiro. Neste caso, modelando dois processos sequencialmente executados, onde ambos trocam o estado do terceiro qubit: (i) no primeiro processo ($Id \otimes CNot$), a troca ocorre se o segundo qubit esta no estado clássico $|1\rangle$, e (ii) no outro processo ($Control(1,3)$), se o primeiro qubit está no estado $|1\rangle$. Entretanto, ambos processos são aplicadas a um estado global quântico inicial $|100\rangle$, que é obtido selecionando o número de qubits de entrada (3), os valores e o tipo de dados (inteiros, complexos, etc) na interface de estados.

Na Figura 1 (a), está a representação dos processos na VPE-qGM que corresponde, na Figura 1 (b), ao circuito representado no qCEdit (*Quantum Circuit Editor*).

O prisioneiro está disposto a falar quando um dos policiais é bom e o outro é mau, conforme apresentado na Figura 2, de qualquer outro modo, sua cooperatividade não muda. Observe que se o comportamento dos policiais estiver emaranhado, o prisioneiro jamais falará.

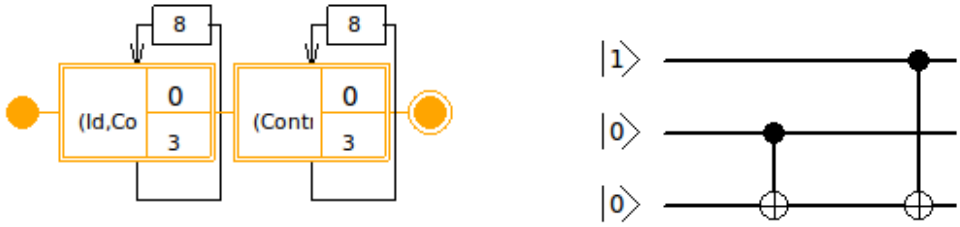
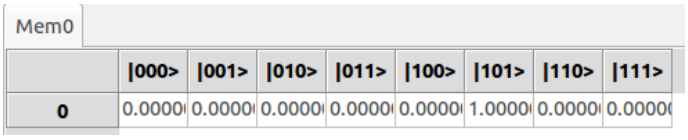


Figura 1. Representações Gráficas do Estudo de Caso PP

As transformações na base, do estado inicial $|s_0\rangle$ para o estado final $|s_f\rangle$, estão descritas na sequência:

$$\begin{array}{cccccccc} s_0 & |000\rangle & |001\rangle & |010\rangle & |011\rangle & |100\rangle & |101\rangle & |110\rangle & |111\rangle \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ s_f & |000\rangle & |001\rangle & |011\rangle & |010\rangle & |101\rangle & |100\rangle & |110\rangle & |111\rangle \end{array}$$

Observe que, na descrição tabular, quando aplicamos a porta $Id \otimes CNot$ ao estado inicial $|s_0\rangle = |100\rangle$, obtemos o mesmo estado $|s_1\rangle = |100\rangle$ e na sequência calculamos $Control_{2,3}\left(|100\rangle\right)$ resultando no estado final $|s_f\rangle = |101\rangle$. Esta execução está apresentada na Figura 2.1 utilizando a inteface gráfica do qCEdit:



Mem0

	|000>	|001>	|010>	|011>	|100>	|101>	|110>	|111>
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000

Figura 2. Resultado da computação do Estudo de caso PP no QCEdit

Além disso, se $U = (Id \otimes CNot \circ Control_{1,3})$ tem-se que U é invariante em relação ao estado emaranhado $\frac{\sqrt{2}}{2}\left(|000\rangle + |000\rangle\right)$, ou seja:

$$(Id \otimes CNot \circ Control_{1,3})\,\frac{\sqrt{2}}{2}\left(|000\rangle + |000\rangle\right) = \frac{\sqrt{2}}{2}\left(|000\rangle + |000\rangle\right) \tag{1}$$

Uma interpretação da Eq. (1) nos reporta quando ambos os policiais tem mesmo estado, então o criminoso permanece no seu estado de não-colaboração, e neste caso isso e obtido com apenas uma medida.

3. Conclusões

Este trabalho mostrou como está sendo introduzida a modelagem de emoções de agentes fazendo uso de conceitos da CQ. Com o aumento do números de qubits da aplicação, há um aumento exponencial do espaço de estados quânticos, o que justifica o uso do ambiente de simulação paralela VPE-qGM.

Estamos investigando na atual etapa deste trabalho, como podemos modelar a intensidade das emoções (como baixa, média ou alta colaboração) via aplicação da extensão da biblioteca qGM-Analyser, contendo principais métodos para suporte a simulação quântica dos operadores da LF.

Referências

Maron, A., Reiser, R., and Pilla, M. (2013a). High-performance quantum computing simulation for the quantum geometric machine model. In *2013 13th IEEE ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing*, pages 474–481.

Maron, A., Reiser, R., Pilla, M., and Yamin, A. (2013b). Expanding the vpe-qgm environment towards a parallel quantum simulation of quantum processes using gpus. *CLEI Electronic Journal*, 16:1–19.

Maron, A., Visintin, L., Reiser, R., and Abeijon, A. (2013c). Fuzzy computing from quantum computing - case study in reichenbach implication class. *Mathware Soft Computing*, 20:86–114.

Nielsen, M. A. and Chuang, I. L. (2000). *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press.

Raghuvanshi, A., Fan, Y., Woyke, M., and Perkowski, M. (2007). Quantum robots for teenagers. In *Proceedings of the 37th International Symposium on Multiple-Valued Logic*, pages 13–16.

Raghuvanshi, A. and Perkowski, M. (2010). Fuzzy quantum circuits to model emotional behaviors of humanoid robots. In *Evolutionary Computation (CEC), 2010 IEEE Congress on*, pages 1–8. IEEE.

Viamontes, G. (2007). *Efficient Quantum Circuit Simulation*. Phd thesis, The University of Michigan.