

## **UTILIZAÇÃO DE META-HEURÍSTICAS PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA VIRTUAL NETWORK EMBEDDING**

Alexandre Heiden <sup>1</sup>, Felipe Marchi Ramos <sup>2</sup>, Guilherme Piegas Koslovski <sup>3</sup>, Omir Correia Alves Junior <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Ciência da Computação – CCT – bolsista PIBIC/CNPq

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Ciência da Computação – CCT – participante

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada / DCC – CCT – participante

<sup>4</sup> Orientador, Departamento de Ciência da Computação – CCT – omalves@gmail.com

Palavras-chave: *Virtual Network Embedding, Simulated Annealing, Algoritmo Genético*

Virtualização de redes é uma tecnologia que vem ganhando popularidade devido à capacidade de abstração e flexibilização oferecida, conforme Fischer et al. (2013). O problema da alocação de redes virtuais (do inglês *Virtual Network Embedding* (VNE)), consiste em alocar requisições de redes virtuais em provedores de infraestrutura em tempo hábil. Como o VNE é provado ser NP-hard por Amaldi et al. (2016), métodos exatos se tornam inviáveis para resolver problemas em grande escala, portanto, dá-se a motivação para exploração de métodos heurísticos a fim de obter resultados satisfatórios.

Na revisão bibliográfica realizada, identificou-se trabalhos na área que demonstram a vantagem do uso de métodos heurísticos na resolução do problema de *Virtual Network Embedding*, sendo o propósito deste trabalho avaliar o uso das meta-heurísticas *Simulated Annealing* (SA) e Algoritmo Genético (AG).

Para realizar a alocação das requisições dos clientes, deve-se considerar principalmente a minimização do uso dos recursos da rede física. Para isto, dois modelos meta-heurísticos são propostos, utilizando *Simulated Annealing* e Algoritmo Genético. Os métodos são bio-inspirados e possuem considerável popularidade na resolução de problemas complexos. No contexto do problema de alocação de redes virtuais, os dois métodos são devidamente construídos para que a resolução seja eficiente. Esses métodos foram empregados para efetuar a alocação dos nós das requisições, enquanto que o mapeamento das arestas baseia-se no cálculo do menor caminho.

Do ponto de vista de um provedor de serviços, o problema de alocação de redes virtuais consiste em alocar recursos de rede física e de máquina (processamento, armazenamento, ...), de acordo com a demanda gerada pelos clientes. Uma forma de modelar esse problema pode ser com o uso de grafos, abordagem realizada neste trabalho.

A rede física representa o grafo principal, em que serão alocadas as requisições dos clientes, com os nós representando os computadores e as arestas representando as conexões de rede (enlaces). Os clientes, portanto, definem quais recursos eles requerem e de que forma eles estão dispostos, modelando também um grafo, que será mapeado na rede física. Os valores presentes nos grafos representam os recursos disponíveis de nós e arestas, no caso do grafo físico, e as demandas de recursos de nós e arestas, no caso dos grafos das requisições.

Para avaliar o desempenho do uso das meta-heurísticas propostas, um conjunto de experimentos foram realizados. RAND-SA e RAND-AG constituem os métodos que apresentam puramente as estratégias de SA e AG. Os métodos RW-SA e RW-AG são similares aos métodos RAND-SA e RAND-AG, alterando apenas a forma como os indivíduos são inicializados,

usufruindo de uma heurística chamada *Markov Random Walks* (RW). Proposta inicialmente por Cheng et al. (2012), essa heurística define uma técnica de ranqueamento de nós, em que cada nó em uma rede recebe um *rank* de acordo com seus recursos e da topologia da rede. Utilizando-se essa heurística, é possível melhor definir o mapeamento dos nós, enfatizando nós de maior *rank* e portanto com maior quantidade de recursos. As variações dos métodos meta-heurísticos que utilizam essa heurística são conhecidos como RW-SA e RW-AG. O algoritmo *D-ViNE* é proposto por Chowdhury (2011) e utiliza técnicas de programação linear para aproximar o mapeamento dos nós. Cada instância de simulação consiste em uma rede física e diversas requisições de clientes. O cenário cujo os experimentos foram realizados é apresentado em outros trabalhos Cheng et al. (2012), Chowdhury (2011), Yu et al. (2008). Para avaliar o desempenho dos algoritmos propostos as seguinte métricas foram utilizadas: Taxa de aceitação (%), Receita média (unidades) e Razão média entre receita e custo (RC) (%).

Com os resultados obtidos conclui-se que a principal vantagem do uso do método de SA está na razão entre a receita e o custo, RC. Apesar do SA e do AG apresentarem resultados similares, o SA demonstrou vantagem considerando a razão RC, o que indica que o método pode realizar uma melhor alocação das requisições, gerando maior lucro ao provedor de recursos.

**Tabela 1. Resultados**

Algoritmo	Taxa de Aceitação				Receita Média				Razão RC			
	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
D-Vine	0.947	0.886	0.817	0.750	12712	14003	14655	15073	0.559	0.545	0.541	0.534
RAND-AG	0.907	0.815	0.762	0.713	10758	12112	12889	13190	0.720	0.708	0.696	0.693
RW-AG	0.984	0.899	0.838	0.772	12260	14530	15399	15816	0.744	0.727	0.713	0.707
RAND-SA	0.961	0.880	0.829	0.762	11685	13369	14143	14225	0.801	0.795	0.786	0.788
RW-SA	0.984	0.905	0.844	0.763	12261	14517	15384	15624	0.799	0.779	0.761	0.756

#### Referências Bibliográficas:

AMALDI, E., CONIGLIO, S., KOSTER, A. M., e TIEVES, M. On the computational complexity of the virtual network embedding problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*. 2016.

CHENG, X., SU, S., ZHANG, Z., SHUANG, K., YANG, F., LUO, Y. e WANG, J. Virtual Network Embedding Through Topology Awareness and Optimization. *Computer Networks*, 2012.

CHOWDHURY, M., RAHMAN, M. e BOUTABA, R. ViNEYARD: Virtual Network Embedding algorithms with coordinated node and link mapping. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2011.

FISCHER, A., BOTERO, J. F., BECK, M. T., DE MEER, H., E HESSELBACH, X. Virtual network embedding: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2013.

YU, M., YI, Y., REXFORD, J. e CHIANG, M. Rethinking Virtual Network Embedding: substrate support for path splitting and migration. ACM Computer Communication Review, 2008.