

Uma Proposta para Alocação de Recursos em Computação em Névoa utilizando o TOPSIS

João Bachiega Jr., Aleteia Araujo

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília – DF – Brasil

joao.bachiega.jr@gmail.com, aleteia@unb.br

Abstract. *Fog Computing is a paradigm that allows the provisioning of computing resources and services at the edge of the network, closer to end devices and users, with lower latency, complementing Cloud Computing. Heterogeneity, high geographic distribution and the large number of devices are challenges to achieve optimized resource allocation in this environment. This paper presents a proposal for the resource allocation process in fog computing using the multiple decision criteria algorithm called Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Tests performed in a real environment demonstrate that the proposal is capable of allocating the best resource among those available.*

Resumo. *A Computação em Névoa é um paradigma que permite o provisionamento de recursos e serviços computacionais na borda da rede, mais próximos dos dispositivos finais e usuários, com menor latência, complementando a Computação em Nuvem. A heterogeneidade, a alta distribuição geográfica e o grande número de dispositivos são desafios para realizar a alocação de recursos otimizada neste ambiente. Este artigo apresenta uma proposta para o processo de alocação de recursos em computação em névoa utilizando o algoritmo de múltiplo critério de decisão denominado Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Os testes realizados em um ambiente real demonstram que a proposta é capaz de alocar o melhor recurso entre os disponíveis.*

1. Introdução

A computação em névoa surgiu como uma solução promissora para atender a crescente demanda por ampliar a capacidade de processamento, rede e armazenamento mais próxima dos usuários finais, complementando, desta forma, uma fragilidade da computação em nuvem, tendo como características essenciais a baixa latência, a alta distribuição geográfica, a heterogeneidade, a interoperabilidade, as interações em tempo real e a escalabilidade [Toczé and Nadjm-Tehrani 2018, Bachiega Jr et al. 2022]. No entanto, as pesquisas sobre a utilização deste paradigma computacional ainda estão em desenvolvimento, tendo muitos desafios a serem superados.

Entre estes desafios está o gerenciamento de recursos [Mukherjee et al. 2024], também chamados de *fog nodes*, que é relevante em diversas áreas de pesquisa porque visa o uso otimizado dos recursos disponíveis [Kato and Ibaraki 1998]. Nos últimos anos, a computação em névoa tem sido amplamente estudada tanto pela academia quanto

pela indústria [Naha et al. 2018] e, por isso, é possível encontrar algumas publicações de revisão de literatura sobre este tema. Em [Bachiega Jr. et al. 2023], é apresentada uma análise comparativa entre estes trabalhos, bem como uma proposta de cinco etapas para o gerenciamento de recursos na computação em névoa, a saber: Descoberta, Estimativa, Alocação, Monitoração e Orquestração.

Este trabalho apresenta uma proposta para a etapa de alocação de recursos, que visa encontrar o melhor *fog node* disponível no Catálogo de Recursos para atender a demanda do requerente, sendo possível que esta entrada defina pesos para cada atributo computacional. Além desta introdução, o restante do artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 detalha as características da etapa de alocação de recursos para a computação em névoa. A Seção 3 apresenta a proposta baseada no algoritmo TOPSIS. Os testes realizados e os resultados obtidos são apresentados na Seção 4. Por fim, as conclusões e o encaminhamento de trabalhos futuros são apresentados na Seção 5.

2. Alocação de Recursos na Computação em Névoa

Em nossos trabalhos anteriores [Bachiega Jr. et al. 2023, Costa et al. 2022b, Costa et al. 2022a], definimos que a Alocação de Recursos, no contexto da computação em névoa, é uma etapa fundamental dentro do processo do gerenciamento de recursos, que é composto também pelas etapas de Estimativa, Descoberta, Monitoramento e Orquestração.

Sendo assim, a alocação de recursos visa atender a um conjunto de tarefas $T = T1, T2, \dots, Tn$ que possuem diferentes requisitos de qualidade de serviço, em um conjunto de recursos $R = R1, R2, \dots, Rm$, que possuem diferentes capacidades computacionais, utilizando uma função objetivo que pode adotar diferentes critérios, tais como minimizar custo, maximizar uso, entre outros [Bachiega Jr. et al. 2023], conforme apresentando na Figura 1.

Neste cenário, o *fog node* desempenha papel relevante. Definimos que um *fog node* é qualquer dispositivo de hardware que possua capacidades computacionais, de comunicação e de virtualização que esteja em um ambiente de Computação em Névoa [Bachiega et al. 2021]. Com isso, o objetivo principal da alocação é selecionar, reservar e usar os melhores *fog nodes* disponíveis para executar uma carga de trabalho no ambiente de computação em névoa.

3. Proposta

Considerando as especificidades da computação em névoa e também as características do *fog node*, a utilização de algoritmos de múltiplo critério de decisão é adequada para a seleção e alocação de recursos. Entre estes algoritmos, existe o *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), que ajuda a escolher a melhor alternativa entre várias, tendo como referência sua similaridade com uma solução considerada ideal [Papathanasiou et al. 2018].

O TOPSIS é um algoritmo de múltiplo critério de decisão que, a partir de uma matriz de decisão (em nossa proposta, o Catálogo de Recursos), realizada a normalização dos dados de entrada e aplica a ponderação dos critérios baseados na entrada do demandante. Feito isso, são definidas as soluções ótimas positivas e negativas, bem como a

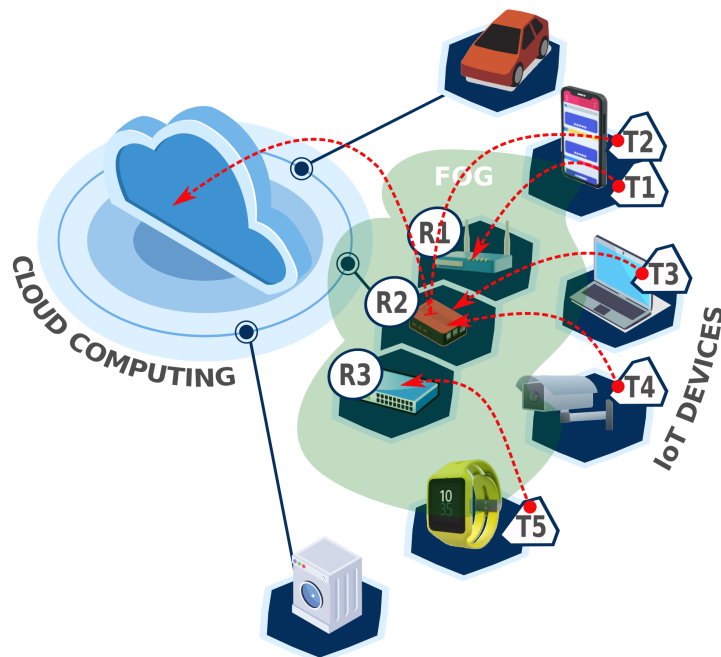


Figura 1. Fluxo da Alocação de Recursos [Bachiega Jr. et al. 2023].

distância euclidiana entre as alternativas disponíveis e a solução ótima. O recurso escolhido é aquele que tem menor distância com a solução ótima.

Para esta nossa proposta, assumimos que em um ambiente de computação em névoa existe um Catálogo de Recursos que apresenta o conjunto de *fog nodes* disponíveis e que são compostos por diversos atributos computacionais (CPU, memória, disco, etc.). Estes valores do Catálogo de Recursos são disponibilizados em uma tabela acessível pelo algoritmo de alocação. Do lado do requisitante, são informados parâmetros de entrada com os valores desejados para cada um dos atributos e também com os percentuais de peso que este atributo representa na demanda. Com isso, é esperado que o algoritmo seja capaz de encontrar dentre os diversos *fog nodes* disponíveis no Catálogo, aquele que melhor atenda aos valores solicitados pelo demandante.

4. Testes e Resultados

Um ambiente de testes real foi construído para dar suporte à avaliação da proposta. No total, o ambiente de testes real consistia em 21 dispositivos e compreendia diferentes recursos de IoT, como Smart TVs, smartphones, tablets, notebooks, WiFi mesh, assistentes virtuais, etc. Além disso, os *fog nodes* eram compostos por quatro unidades Raspberry Pi e também quatro máquinas virtuais. O servidor era um Quad-core de 16 GB de RAM. Os dispositivos IoT, os *fog nodes* e o servidor estavam no mesmo intervalo de rede com base em uma conexão sem fio. A Tabela 1 apresenta os valores dos atributos computacionais dos quatro *fog nodes*. Já os valores de entrada e também os pesos indicados para cada atributo são apresentados na Tabela 2.

Nos testes realizados, os valores de entrada do demandante priorizaram, pela atribuição de pesos, a escolha do *fog node* que tivesse maior disponibilidade de disco, indicando um percentual de 60% para este atributo. O resultado foi a escolha do FN04

Tabela 1. Valores dos Atributos dos *Fog Nodes* do Ambiente de Testes

Fog Node	vCPU	Memória	Disco (Mb)
FN01	4	2048	1200
FN02	4	1024	900
FN03	4	4096	300
FN04	4	2048	1500

Tabela 2. Valores e Pesos Solicitados

Fog Node	vCPU	Memória	Disco (Mb)
Valor	2	2000	1000
Peso	20%	20%	60%

que possui o maior valor para o atributo Disco.

5. Considerações Finais

Este artigo apresentou uma proposta para o processo de alocação de recursos na computação em névoa, que é um paradigma computacional que apresenta algumas características distintas, tais como a alta distribuição geográfica, a heterogeneidade e o alto volume dos dispositivos.

Na proposta apresentada, foi utilizado o algoritmo TOPSIS para a escolha do *fog node* que melhor atenda às necessidades do demandante. Os testes foram realizados em um ambiente de testes real e evidenciaram que o algoritmo é capaz de encontrar o melhor *fog node* no Catálogo de Recursos, considerando os valores e os critérios de prioridade informados pelo demandante.

De todo modo, como se trata de uma pesquisa ainda em desenvolvimento, alguns pontos de melhorias são indicados para trabalhos futuros:

1. Atributos Comportamentais: a proposta atual considerou apenas atributos computacionais, no entanto, conforme indicado em [Bachiega et al. 2021], os *fog nodes* também são compostos por atributos comportamentais, como por exemplo segurança, disponibilidade, confiabilidade, etc. É necessário que a proposta considere o impacto deste tipo de atributo na alocação do recurso;
2. Custo-benefício: uma melhoria a ser implementada em trabalhos futuros é a utilização da relação custo x benefício para indicar o melhor *fog node* a ser alocado;
3. Perspectivas do usuário e do provedor de serviços: pode ser considerado que o usuário e o provedor de serviços possuam perspectivas diferentes sobre qual é o melhor *fog node* no quesito de custo x benefício. Enquanto o usuário pode requerer o *fog node* com menor custo, o provedor de serviços pode considerar que a melhor indicação é ofertar o *fog node* com maior custo, por exemplo;
4. Múltiplas requisições: é esperado que em um ambiente de Computação em Névoa, muitas requisições por alocações de recursos sejam feitas em um mesmo instante. Neste caso, é ideal que a solução proposta seja capaz de lidar com estas múltiplas requisições e tenha tempo de resposta adequado.

Referências

- Bachiega, J., da Costa, B. G. S., and Araujo, A. P. F. (2021). Computational perspective of the fog node. *22nd International Conference on Internet Computing and IoT*.
- Bachiega Jr., J., Costa, B., Carvalho, L. R., Rosa, M. J. F., and Araujo, A. (2023). Computational resource allocation in fog computing: A comprehensive survey. *ACM Comput. Surv.*
- Bachiega Jr, J., Costa, B. G., de Carvalho, L. R., Oliveira, V. H., Santos, W. X., de Castro, M. C. S., and Araújo, A. P. (2022). From the sky to the ground: Comparing fog computing with related distributed paradigms. In *CLOSER*, pages 158–169.
- Costa, B., Bachiega Jr, J., Carvalho, L. R., Rosa, M., and Araujo, A. (2022a). Monitoring fog computing: A review, taxonomy and open challenges. *Computer Networks*, 215:109189.
- Costa, B., Bachiega Jr, J., de Carvalho, L. R., and Araujo, A. P. (2022b). Orchestration in fog computing: A comprehensive survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(2):1–34.
- Katoh, N. and Ibaraki, T. (1998). Resource allocation problems. In *Handbook of combinatorial optimization*, pages 905–1006. Springer.
- Mukherjee, A., De, D., and Buyya, R. (2024). *Resource Management in Distributed Systems*. Springer.
- Naha, R. K., Garg, S., Georgakopoulos, D., Jayaraman, P. P., Gao, L., Xiang, Y., and Ranjan, R. (2018). Fog computing: Survey of trends, architectures, requirements, and research directions. *IEEE Access*, 6:47980–48009.
- Papathanasiou, J., Ploskas, N., Papathanasiou, J., and Ploskas, N. (2018). *TOPSIS*. Springer.
- Toczé, K. and Nadjm-Tehrani, S. (2018). A Taxonomy for Management and Optimization of Multiple Resources in Edge Computing. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.