

Explorando SDN para Controle de Fluxos em Ambientes HPC: Um Estudo Inicial

Daniel Fiuza C. de Moraes¹, Noyalle do Nascimento Pereira¹,
Suzana Porto Almeida¹, Antonio Wendell de Oliveira Rodrigues¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Fortaleza – CE – Brazil

{daniel.fiuza.cordeiro06, noyalle.pereira06, suzana.porto98}@aluno.ifce.edu.br,
wendell@ifce.edu.br

Abstract. *This paper presents a proposal based on Software Defined Networking (SDN) for dynamic flow control and efficient job allocation in high-performance computing (HPC) environments. The proposed architecture draws inspiration from congestion detection and dynamic routing, and its impact is evaluated in simulated clusters using Mininet. The objective is to pave the way for future extensions involving dynamic routing and adaptive intelligence.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma proposta baseada em Software Defined Networking (SDN) para controle dinâmico de fluxos de dados e alocação eficiente de jobs em ambientes de computação de alto desempenho (HPC). A arquitetura proposta se inspira em detecção de congestionamento e roteamento dinâmico, avaliando seu impacto em clusters simulados com Mininet. O objetivo é abrir caminho para futuras extensões com roteamento dinâmico e inteligência adaptativa.*

1. Introdução

A necessidade de controle preciso do tráfego de dados em HPC motivou o uso de SDN, permitindo que controladores planejem rotas de comunicação antes da execução de jobs. Trabalhos anteriores demonstram ganhos em jobs intensivos em comunicação [Jamalian and Rajaei 2015], mas poucos exploram a integração prática em clusters simulados com uso de ferramentas de paralelismo e computação distribuída. Estudos recentes mostram propostas de SDN em topologias fat-tree para datacenters, avaliando desempenho e confiabilidade em cenários intra-cluster [Hu et al. 2021]. Ferramentas como dask possuem uma arquitetura robusta para ambientes hpc com componentes que viabilizam o paralelismo e permitem validar o seu comportamento em redes SDN [Gueroudji et al. 2023]. Este artigo propõe uma abordagem inicial para validar tais conceitos em laboratório.

2. Proposta

Propomos um sistema baseado em:

- Agendamento de jobs com conhecimento prévio do padrão de comunicação e uso da ferramenta dask;
- Roteamento SDN proativo e dinâmico com reconhecimento de congestionamento de rede baseado na máxima largura de banda disponível nos links da rede, gerenciado pelo controlador Ryu [Jayawardena et al. 2025];
- Simulação de jobs dask em topologia tipo fat-tree usando Mininet;

3. Metodologia

A arquitetura será testada com cargas geradas por scripts dask que simulam operações computacionais complexas, muito utilizadas em machine learning. Será implantado um scheduler e workers dask nos hosts da rede sdn, garantindo um ambiente distribuído, conforme ilustra a Figura 1. O ambiente será baseado em Mininet com controlador Ryu rodando em container isolado. Serão realizados testes usando as abordagens estática e dinâmica (com detecção de congestionamento e redirecionamento de fluxo) no controlador [Wu et al. 2016]. Métricas como tempo de execução de Jobs, latência e reconfiguração de rotas serão medidas.

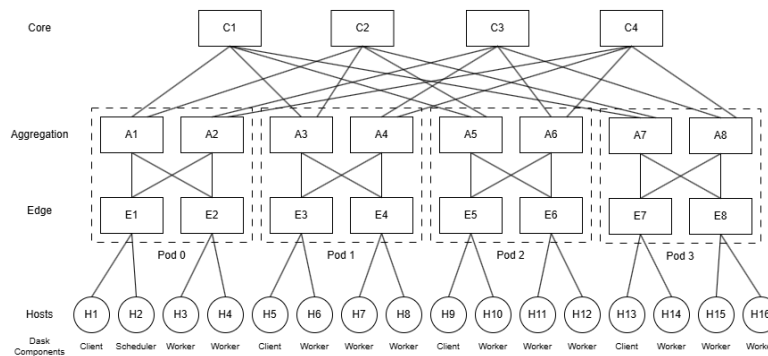


Figura 1. Rede Fat-tree (k=4) com componentes dask

4. Trabalhos Futuros

Planeja-se:

- Incorporar algoritmos de detecção de congestionamento baseados em aprendizado de máquina;
- Ampliar o modelo de segurança com inspeção de pacotes;
- Testar resiliência com múltiplos controladores SDN e falhas simuladas;
- Orquestração dinâmica de tarefas paralelas com base no estado da rede;
- Avaliar o comportamento do controlador dinâmico com outros frameworks de processamento paralelo.

Referências

- Gueroudji, A., Bigot, J., Raffin, B., and Ross, R. (2023). Dask-extended external tasks for hpc/ml in transit workflows. *SC Workshops*.
- Hu, S., Wang, X., and Shi, Z.-y. (2021). A software defined network scheme for intra datacenter network based on fat-tree topology. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Jamalian, S. and Rajaei, H. (2015). Data-intensive hpc tasks scheduling with sdn to enable hpc-as-a-service. *2015 IEEE 8th International Conference on Cloud Computing*.
- Jayawardena, C., Chen, J., Bhalla, A., and Bu, L. (2025). Comparative analysis of pox and ryu sdn controllers in scalable networks. *International journal of Computer Networks & Communications*.
- Wu, Z., Lu, K., Wang, X., and Chi, W. (2016). Alleviating network congestion for hpc clusters with fat-tree interconnection leveraging software-defined networking. *2016 3rd International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*.