Jellyfish: Networking Data Centers Randomly

Nelson G. Prates Junior

September 30, 2018

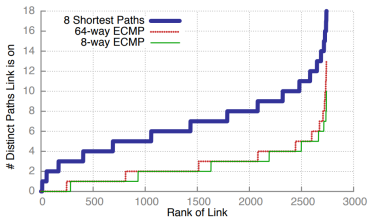
As topologias para *data centers* são projetadas especificamente para que os conjuntos de máquinas lidem com grandes demandas de tráfego, exigindo altos índices de largura de banda. Topologias especiais, como o *Fat-Tree* proposto por [Al-Fares et al., 2008], lidam com esse tráfego melhor que o modelo hierárquico padrão. O *Fat-Tree* é capazes de lidar com o mesmo número de *hosts* por aproximadamente 16% do custo de uma topologia hierárquica [Al-Fares et al., 2008]. No entanto, a estaticidade da topologia *Fat-Tree* gera limitações quando nos referimos a inclusão de novos servidores. Além do *Fat-Tree* outros modelos de topologias propostos na literatura, como [Bhuyan and Agrawal, 1984] e [Popa et al., 2010] apresentam a mesma limitação.

O crescimento da base de usuários ou a implantação de aplicativos que aumentam a demanda de largura de banda motivam a inclusão de mais servidores nas arquiteturas de rede. Esse fato gera uma demanda de topologias que habilitem a capacidade de inclusão novos servidores. O trabalho de [Singla et al., 2012] apresenta o *Jellyfish*, uma topologia para redes de servidores de alta capacidade baseada em um grafo aleatório. Essa topologia aumenta a capacidade de incluir até 25% mais servidores quando comparada com a topologia *Fat-Tree* utilizando os mesmos equipamentos. A topologia *Jellyfish* apresenta um projeto onde cada *host* é conectado a um único *switch* e este *switch* é conectado a todos os outros *switches* da rede usando um grafo de aproximação aleatório.

[Singla et al., 2012] realiza uma série de experimentos para comprovar a eficiência da topologia. Outras topologias também são avaliadas utilizando os mesmos equipamentos. Através disso o autor compara os resultados conseguindo provar a eficiência do *Jellyfish* diante das outras topologias. Nos testes que avaliam as propriedades das topologias foram avaliadas a eficiência, flexibilidade e resiliência a falhas. As principais métricas avaliadas para provar a eficiência foram largura de banda, taxa de transferência e custo em quantidade de portas. Para flexibilidade o autor relata a capacidade de expansão da topologia e avalia o *Jellyfish* através de métricas como custo e bisseção de largura de banda. A avaliação sobre a resiliência a falhas, foram utilizados métricas de taxa de transferência sob falhas de link aleatórias. O *Jellyfish* se prova melhor que outras topologias em todos os quesitos. No entanto, o autor seleciona uma topologia por propriedade para realizar a comparação com o *Jellyfish*, aparentando determinada inconsistência nas avaliações.

Neste trabalho, exploramos as afirmações feitas por [Singla et al., 2012] sobre

as melhorias do *Jellyfish* em comparação com a topologia *Fat-Tree*. O principal objetivo é reproduzir os resultados apresentados pela Figura 1. Para a realização da simulação, realizei pesquisas através da Internet, onde encontrei um repositório [1] as quais inspirei o desenvolvimento dos meus testes. Para a reprodução foi utilizada uma maquina virtual com dois processadores, 4GB de memória RAM com o sistema operacional Ubuntu Server 16.04. As atividades desenvolvidas para a reprodução dos testes envolveram a definição das ferramentas, a construção da topologia e a realização dos testes.



(a) Quantidade de caminhos distintos por link no *Jellyfish* traçados por diferentes protocolos de roteamento

Congestion control	Fat-tree (686 svrs) ECMP	Jellyfish (780 svrs) ECMP	Jellyfish (780 svrs) 8-shortest paths
TCP 1 flow	48.0%	57.9%	48.3%
TCP 8 flows	92.2%	73.9%	92.3%
MPTCP 8 subflows	93.6%	76.4%	95.1%

(b) Resultados da simulação de transferência pacotes para diferentes protocolos de roteamento e congestionamento para *Jellyfish* (780 servidores) e uma árvore de gordura de mesmo equipamento (686 servidores).

Figure 1: Resultados originais do [Singla et al., 2012]

Definição das ferramentas e Construção da Topologia

Para reproduzir o gráfico referente a Figura 1(a), utilizei um script Python que modela o grafo aleatório regular (do inglês, *Randon Regular Graph* - RRG) e as bases de cálculo conforme cada protocolo de roteamento. Para a modelagem do grafo o *script* utiliza a biblioteca *Python Networkx* que oferece uma função que através dos parâmetros de grau e quantidades de nós retorna um RRG. O *script* também ajusta as bordas do grafo conforme especificado pelo *Jellyfish*, realiza os cálculos e a plotagem dos gráficos. Os gráficos foram plotados através da biblioteca *Python Matplotlib*.

A reprodução da Figura 1(b) envolveram a definição de ferramentas para a emulação da estrutura de rede, geração de carga e coleta de dados. Como os testes avaliam a topologia com *hosts* sob o controle dos protocolos TCP e MPTCP. Primeiramente baixei o MPTC e compilei com o *kernel* do sistema operacional. Para emular a estrutura utilizei a ferramenta Mininet que disponibiliza uma API. Então, através disso, seguindo a lógica do grafo modelado e ajustado (como citado anteriormente), o *script* cria a topologia virtualizada. O repositório disponibiliza um controlador POX personalizado para controlar os equipamentos de rede seguindo as lógicas de roteamento dos protocolos ECMP

[1] https://github.com/aghalayini?tab=followers

e *8-Shortest-Path*. Com a topologia montada, o *script* roda o *iperf* para gerar tráfego entre os *hosts* e coletar as informações dos links.

Realização dos Testes

Os testes são fundamentados em dois *scripts* Python principais (*script 1 e script 2*). O *script 1* implementa a modelagem do grafo, os cálculos e a plotagem do gráfico. O *script 2* recebe parâmetros de entrada para emular a topologia, gerar as cargas, coletar e avaliar os dados. Para executá-los eu implementei um terceiro *script* em *SHELL*, ele é responsável por controlar os dois *scripts* principais.

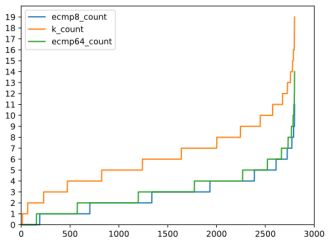
Os parâmetros necessários para o *script 2* são referentes ás configurações da topologia, dos testes e da seleção dos protocolos de roteamento. O parâmetro referente à configuração da topologia é a quantidade de *hosts*, ele é representado pela letra "s". O parâmetro que define o protocolo de roteamento recebe valores entre 0 e 2, sendo 0 para o protocolo ECMP8, 1 para o protocolo ECMP64 e 2 para o protocolo *8Shortest Path*, ele é representado pela letra "r". Os parâmetros referentes aos testes são para a configuração da ferramenta *iperf*, são elas; a quantidade de fluxos simultâneos e o tempo de cada teste realizado. A quantidade de fluxos simultâneos é representado pela letra "f", podendo ser um valor entre 1 e 8. O parâmetro referente tempo dos testes define o tempo de cada transmisão entre os *hosts*, ele é representado pela letra "t". A definição dos protocolos de controle de congestionamento é realizada através do sistema operacional antes de cada rodada de teste, compreendendo a ativação ou não do MPTCP.

Então, para rodar os testes basta realizar os seguintes passos:

1. Assegure-se de que o python2 e o pip2 estão instalados.
2. Executar "pip2 install matplotlib"
3. Executar "pip2 install networkx"
4. Executar "git clone git://github.com/mininet/mininet"
5. Executar "mininet/util/install.sh -a"
6. Usando o comando "ls", você constatará diversas pastas e arquivos.
7. Executar $\backslash https://github.com/ngpjunior/INFO7015\_Redes\_de\_Computadores\_TP1$
8. Executar $\backslash cd INFO7015\_jellyfish/pox/ext/$"
9. Executar: *sudo./start.sh*

Resultados

Os resultados adquiridos são apresentados conforme a Imagem 2. Nota-se que os resultados da Imagem 2(a) é semelhante ao resultado original, comprovando a eficiência do protocolo *8ShortestPath* quando em operação sobre a topologia *Jellyfish*. No entanto, os testes referentes a Imagem 2(b) não foram tão bem sucedidos. Devido a falta de recursos computacionais e possíveis instabilidades entre as ferramentas de simulações, acredito as simulações foram prejudicadas. Não sendo possível executar os testes com 8 fluxos e consequentemente sem o MPTCP. Diante da disponibilidade que tinha no momento, realizei os testes com o número de servidores reduzidos. Então, testei a média de consumo de largura de banda entre os servidores organizados pelas topologias *Fat-Tree* e Jellyfish usando os protocolos ECMP e *k-shortest-path*.



(a) Quantidade de caminhos distintos por link no *Jellyfish* traçados por diferentes protocolos de roteamento

TCP			
	ECMP8	ECMP64	shortest
Jellyfish	92,2025	92,0175	92,45
Fat-Tree	74,22		

(b) Jellyfish e Fat-Tree por diferentes protocolos de roteamento

Figure 2: Resultados obtidos a partir das simulações

References

[Al-Fares et al., 2008] Al-Fares, M., Loukissas, A., and Vahdat, A. (2008). A scalable, commodity data center network architecture. In *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, volume 38, pages 63–74. ACM.

[Bhuyan and Agrawal, 1984] Bhuyan, L. N. and Agrawal, D. P. (1984). Generalized hypercube and hyperbus structures for a computer network. *IEEE Transactions on computers*, (4):323–333.

[Popa et al., 2010] Popa, L., Ratnasamy, S., Iannaccone, G., Krishnamurthy, A., and Stoica, I. (2010). A cost comparison of datacenter network architectures. In *Proceedings of the 6th International COnference*, page 16. ACM.

[Singla et al., 2012] Singla, A., Hong, C.-Y., Popa, L., and Godfrey, P. B. (2012). Jellyfish: Networking data centers, randomly. In *NSDI*, volume 12, pages 1–6.