



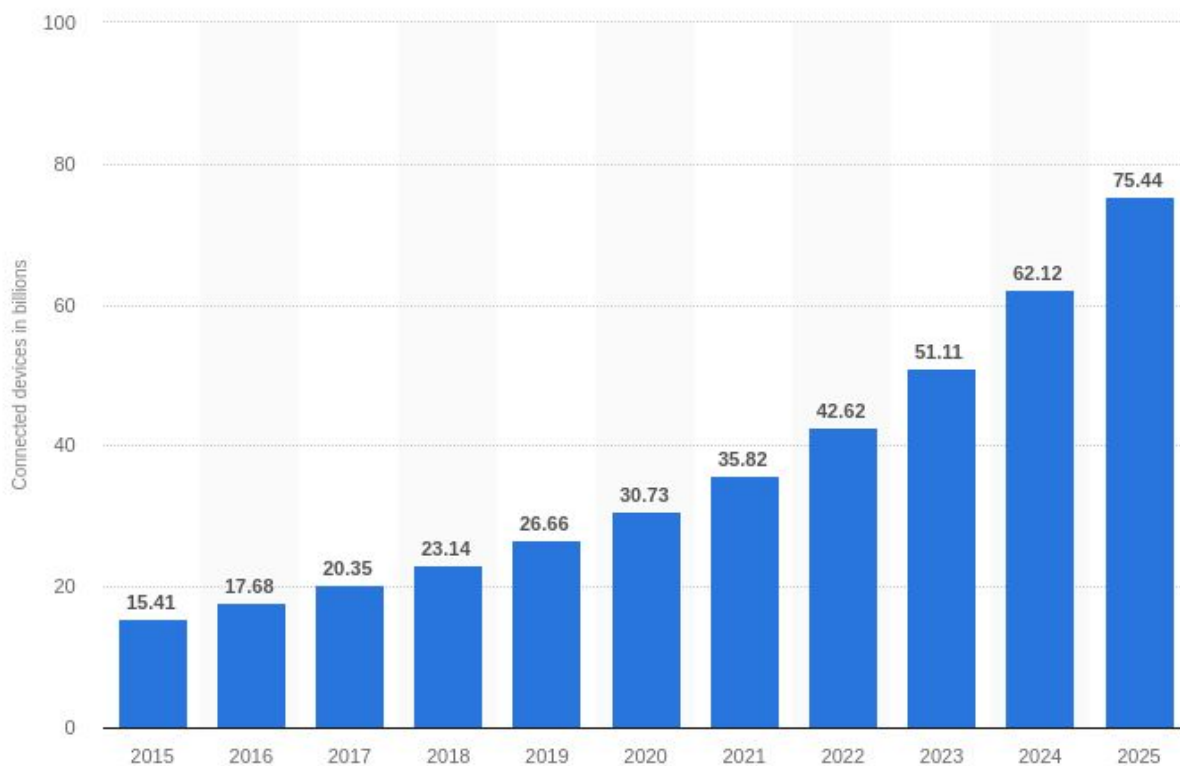
Tendências de Teoria dos Grafos em Redes de Computadores

Alberto Randon, Amanda Stecz, Arthur Passos, Fernando Concatto



Introdução

- A Internet é uma das inovações mais importantes dos últimos anos, sendo responsável pela emergência da Era da Informação.
- Segundo o portal Statista, o número de dispositivos conectados à Internet vem crescendo significativamente, e tende a crescer cada vez mais no futuro.
- Tecnologias emergentes como a Internet das Coisas contribuem para esta tendência.
- Portanto, estudos voltados ao aperfeiçoamento da comunicação entre dispositivos computacionais são essenciais para o continuado desenvolvimento da civilização humana.



Número de dispositivos conectados à Internet em todo o mundo entre 2015 e 2025, em bilhões.
Fonte: Statista (2017)



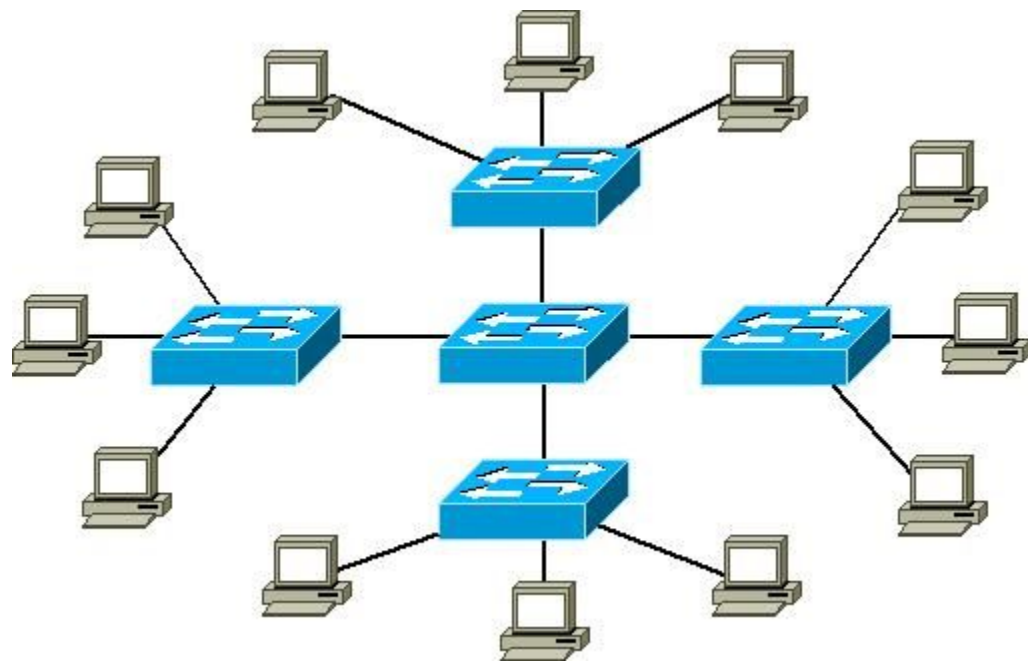
Redes de Computadores

- Para concretizar a comunicação global característica da Internet, torna-se necessário interligar dispositivos computacionais para que possa haver comunicação de dados entre os mesmos.
- O campo de estudo de Redes de Computadores providencia as bases teóricas e técnicas para a implementação de tais sistemas.
- Entidades participando de uma rede são classificadas como nós (*nodes*) ou ligações (*links*), dependendo de sua função.
- Nós criam, recebem ou encaminham pacotes de dados (*packets*), enquanto ligações transmitem o pacote de um nó para outro.



Grafos e Redes de Computadores

- Grafos representam de maneira natural uma rede de computadores.
- Vértices podem ser caracterizados como nós (dispositivos computacionais) enquanto arestas representam ligações (meios de transporte, como cabos).
- Assim, todo o arcabouço de conhecimento fornecido pela Teoria dos Grafos pode ser potencialmente aplicado sobre redes de computadores para otimizar um diverso conjunto de processos.



Um exemplo de rede de computadores.
Fonte: Wikimedia Commons



Roteamento de Pacotes

- O tipo de ação mais fundamental em uma rede de computadores é fazer com que um pacote emitido por um nó A seja entregue a um nó de destino B.
- Entretanto, na maior parte dos casos, não há uma ligação direta entre A e B. Assim, o pacote deve ser transmitido nó a nó até que o destino seja atingido.
- Nós dedicados a encaminhar pacotes pela rede são denominados **roteadores** (*routers*) ou **switches**.
- Idealmente, o pacote deve ser transmitido pelo caminho mais rápido entre A e B.
- Entretanto, esta demanda raramente é simples e direta.



“Menores caminhos”?

- Como mensurar a “rapidez” de um caminho?
- Como construir o grafo que descreve a rede?
- Onde este grafo seria armazenado?
- Como lidar com novas ligações e nós e com a remoção dos mesmos?
- Como fazer com que o processo de roteamento seja escalável?



Virtualização

Embora em outras áreas da computação a virtualização já seja uma realidade consolidada, como no armazenamento, redes de computadores permanecem presas ao físico e manual.

Felizmente, uma tecnologia emergente de virtualização de redes de computadores denominada SDN (Software Defined Networks) tem evoluído bastante.



Benefícios do uso de SDNs

- **Centralized network provisioning** - por possuir uma visão centralizada e global da rede pode distribuir tráfego de forma mais apropriada.
- **Reduced operating costs** - como os dispositivos de rede (roteadores e switches) possuem menos recursos de hardware, acabam custando mais barato.
- **Cloud-ready infrastructure** - geralmente a maior parte da infraestrutura de empresas está virtualizada, com SDNs, roteadores e switches também podem ser virtualizados, mantendo assim um único ambiente de infraestrutura.

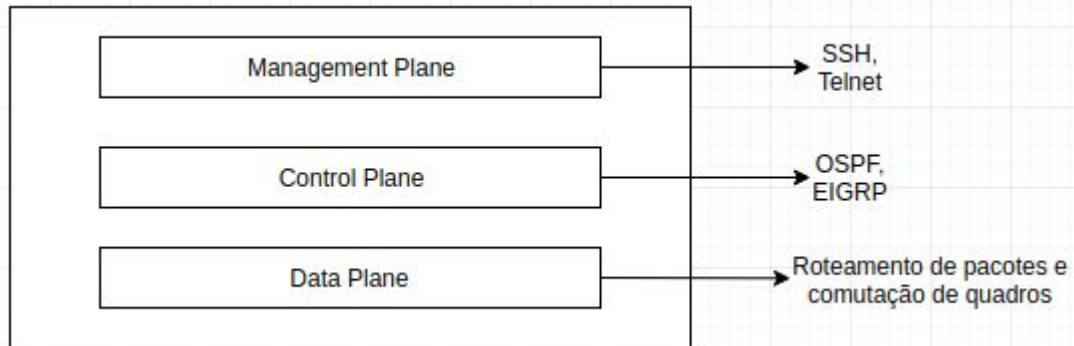


Grafos x SDN

Um fator indispensável de um SDN é possuir visão global da topologia. Isso pode ser alcançado de várias formas (e.g, MIB - OIDS from SNMP).

A outra opção, explorada neste estudo, é através de grafos.

Planes





OSPF

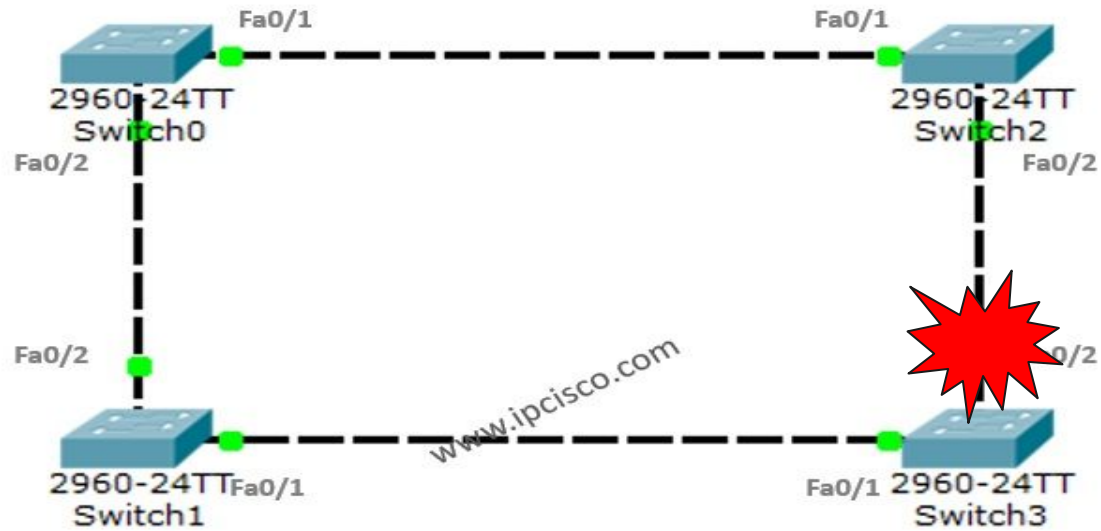
- Protocolo de roteamento (link state) que utiliza custo como métrica.
- Utiliza o algoritmo de dijkstra para determinar o melhor caminho para cada rede.
- Após a convergência da rede (protocolo terminar de “subir”), cada roteador/ switch I3 pertencente a rede possui uma visão completa da topologia e uma árvore única com os “melhores” caminhos.

Não possui o grafo inicialmente.



Spanning Tree

- Protocolo implementado em switches com o intuito de encontrar o melhor caminho, evitar loops e possuir caminhos alternativos para caso algum caminho venha a falhar.
- De forma similar ao OSPF, também utiliza a técnica de “troca de mensagens” para determinar o melhor caminho e resolver loops.
- Também utiliza custo nas arestas (links) para decisão de melhor caminho.





OpenFlow e Pox

OpenFlow - Permite acesso remoto ao control plane de dispositivos (roteadores e switches).

Pox - Controlador OpenFlow que não utiliza grafos para representação da rede..

Adaptação do Pox

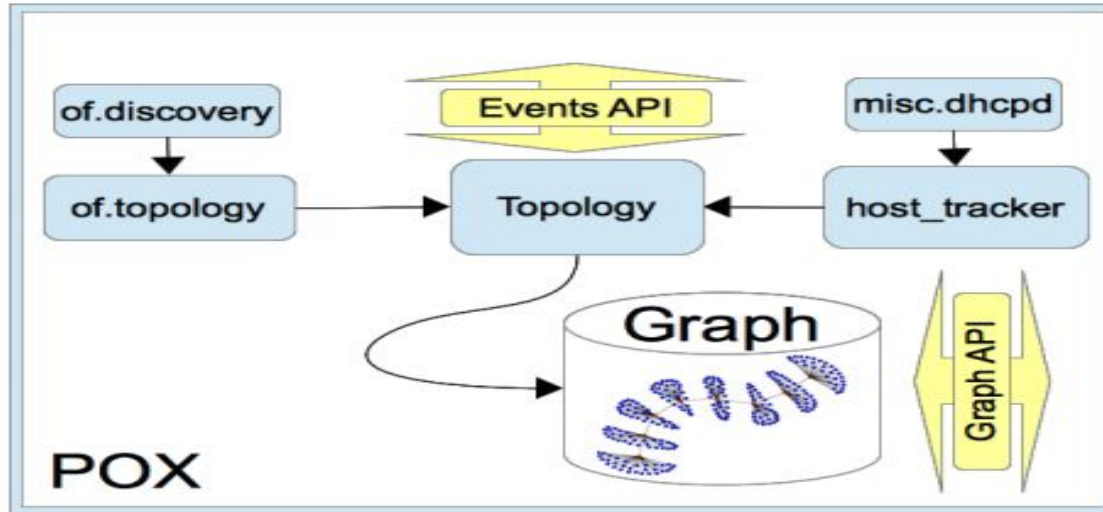


Figure 1. Module integration



Graph API

- O objetivo da API é que diferentes algoritmos possam ser implementados por programadores ou usuários



Graph API

Principais métodos API:

- `get vertex(id)`
- `get adjacents(id)`
- `snapshot()`
- `to dot(harq, layout = "dot")`