

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/320548700>

# OpenFlow-based Routing

Technical Report · October 2017

DOI: 10.13140/RG.2.2.36654.00327

---

CITATIONS

0

READS

4

1 author:



[Francisco Badaro Neto](#)

Universidade Salvador

4 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



CAARF-SDN [View project](#)

# OpenFlow-based Routing

Francisco José Badaró Valente Neto  
Programa de Pós Graduação em Sistemas e Computação  
Universidade Salvador, UNIFACS  
Salvador, BA, Brasil.  
[francisco@softdados.com](mailto:francisco@softdados.com)

**RESUMO** – Este artigo faz uma revisão da bibliografia sobre OpenFlow e redes SDN dando ênfase ao estado da arte relacionado ao roteamento em redes SDN, focando em técnicas de OpenFlow-based Routing. É feita uma revisão bibliográfica e elencado um estudo de caso de mercado, para uma solução de OpenFlow-based Routing com o protocolo BGP em redes SDN.

**Palavras-Chave** – SDN, Redes SDN, BGP, Roteamento em SDN, Roteamento baseado em OpenFlow.

**ABSTRACT** — This paper reviews the literature on OpenFlow and SDN networks, emphasizing the state of the art related to routing in SDN networks, focusing on OpenFlow-based Routing techniques. A bibliographic review and listing of a market case study for an OpenFlow-based Routing solution with the BGP protocol in SDN networks is done.

**Keywords**— SDN, SDN Networks, BGP, SDN Routing, OpenFlow-based Routing

## I. INTRODUÇÃO

A indústria de redes está passando por uma mudança revolucionária, uma quebra de paradigmas, uma verdadeira disrupção ao modelo atual. Um fato para caracterizar bem esta tendência é a substituição de nós de rede, software específico por aberto, e uma rede monolítica para uma rede programável. Diferentes projetos estão contribuindo para a evolução, desde projetos de software livre, apoiados pela comunidade, até os apoiados por grupos de empresas e a iniciativa fechada das empresas em pesquisas correlatas, tudo em um esforço de produção e pesquisa neste novo paradigma de redes, que é o SDN (Software-Defined Networking), que tem como um de suas grandes vantagens a definição do status de programável para as redes, podendo por exemplo permitir que o plano de controle da rede seja separado do plano de dados e seja dinamicamente programável. Sendo controlada pelo protocolo OpenFlow.

Este trabalho pretende abordar os conceitos da tecnologia SDN e os aspectos de roteamento baseado em Openflow. Serão abordados através da revisão da literatura os conceitos correlatos e também será elencado um estudo de caso de

mercado para ilustrar uma aplicação prática de OpenFlow-based Routing.

A Open Network Foundation [1], define que o OpenFlow é a primeira interface de comunicação padrão definida entre as camadas de controle e encaminhamento de uma arquitetura SDN.

O protocolo OpenFlow permite acesso direto e manipulação do plano de encaminhamento de dispositivos de rede, como switches e roteadores, tanto físicos quanto virtuais.

As tecnologias SDN baseadas em OpenFlow permitem que as equipes de TI lidem com a natureza dinâmica e de alta demanda de largura de banda e controle das aplicações atuais e adapte a rede às necessidades de negócios em constante mudança.

SDN basicamente propõe a separação física do plano de controle de rede do plano de encaminhamento, e onde um plano de controle controla vários dispositivos.

Segundo a OpenNetwork Foundation [1], Software-Defined Networking (SDN) é uma arquitetura emergente que é dinâmica, gerenciável, rentável e adaptável, tornando-o ideal para a alta largura de banda e a natureza dinâmica das aplicações de hoje. Essa arquitetura desacopla as funções de controle e encaminhamento de rede, permitindo que o controle de rede se torne diretamente programável e a infraestrutura subjacente seja abstraída para aplicativos e serviços de rede.

O protocolo OpenFlow é um elemento fundamental para a construção de soluções SDN.

A arquitetura SDN é, conforme a OpenNetwork Foundation [1]:

- ✓ **Diretamente programável:** O controle de rede é diretamente programável porque é desacoplado das funções de encaminhamento
- ✓ **Ágil:** O controle de abstração do encaminhamento permite que os administradores ajustem dinamicamente o fluxo de tráfego em toda a rede para atender às necessidades em constante mudança.

- ✓ Gerenciamento centralizado: A inteligência de rede é (logicamente) centralizada em controladores SDN baseados em software que mantêm uma visão global da rede, que aparece para os aplicativos e os mecanismos de diretiva como um único comutador lógico.
- ✓ Configurado por programação: O SDN permite que os administradores de rede configurem, gerenciem, protejam e otimizem recursos de rede muito rapidamente por meio de programas SDN dinâmicos e automatizados, que podem ser gravados porque os programas não dependem de software proprietário.
- ✓ Padrões abertos e neutros para fornecedores: Quando implementados através de padrões abertos, o SDN simplifica o design e a operação da rede, pois as instruções são fornecidas por controladores SDN em vez de vários dispositivos e protocolos específicos do fornecedor.

A tecnologia de SDN pode ser sintetizada conforme a figura 1 da OpenNetwork Foundation [1].

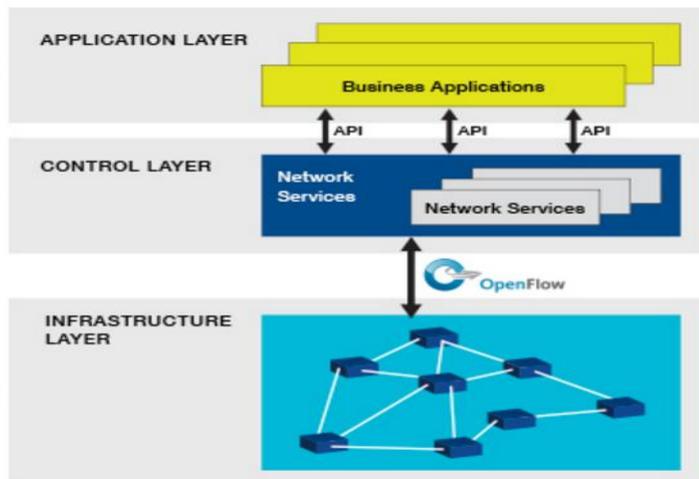


Fig. 1: Ilustração resumida da arquitetura SDN.

A figura 1 supra nos ilustra, de forma resumida e simplificada a arquitetura da tecnologia SDN, dela pode ser citado entre outras coisas:

- Na camada de aplicação, nos permite a inovação, a programação da rede, o desenvolvimento de novos recursos e serviços, onde as funções do controlador podem ser estendidas.
- Na camada do controlador, é onde ocorre a inteligência, o controle. Onde o provisionamento pode ser simplificado e a desempenho otimizado através do controle e da programação dinâmica da

rede. Com enorme granularidade para configurações e gerenciamento.

- Na camada da infraestrutura, é onde ocorre o desacoplamento, seria a rede em si. Os comutadores, roteadores e demais elementos da rede SDN que são controlados.

## II. OPENFLOW BASED ROUTING

O OpenFlow e todo o paradigma de SDN proporciona a a indústria uma ruptura de conceito. A separação dos planos de controle e encaminhamento capacita a rede ser inteligente na entrega de conteúdo, ser altamente dinâmica para reconfiguração de caminhos dando um poder nunca antes visto ao administrador de rede, que passa a ter toda a flexibilidade e poder sobre a comutação e o roteamento.

As técnicas atuais de roteamento, fundamentalmente link state ou path vector, tem sérias limitações em relação a extensão de sua usabilidade. As aplicações que demandam de ampla mobilidade e de requisitos de adaptabilidade dinâmica tem nos modelos atuais a limitação e sua possibilidade sob SDN.

As aplicações além da largura de banda crescente também demandam de requisitos de desempenho e entrega de conteúdo que o paradigma desacoplado entre controle e encaminhamento que a tecnologia de SDN propõe torna possível.

Uma proposta clássica e básica de arquitetura de roteamento em openflow é ilustrada na figura 2, consiste em um cenário de topologia simples, com o sistema operando sob o controlador openflow (para os serviços de roteamento) atuando e reprogramando o controlador que por sua vez repassa aos elementos controlados para alteração, no exemplo ilustrado na figura 2, a clássica alteração dinâmica de portas conforme flow table definida no controlador e distribuída aos comutadores openflow na rede.

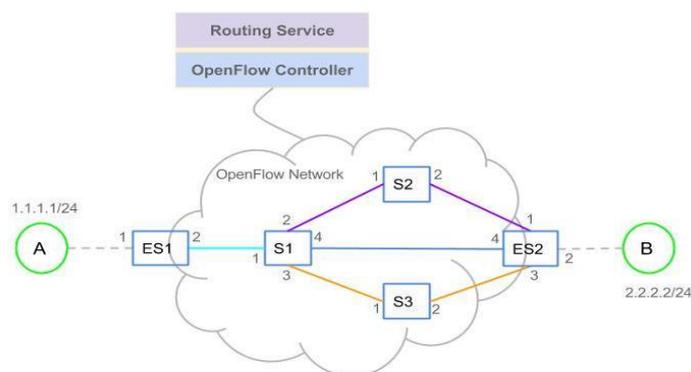


Fig. 2: Ilustração de arquitetura básica de roteamento por Openflow

Com o protocolo Openflow e todas as suas capacidades, podem ser construídos (e a indústria caminha neste sentido, através de diversas iniciativas de pesquisa) para construir uma nova categoria de switches e roteadores que, embora totalmente funcional e confiável, são controlados centralmente via software, o que torna muito mais fácil, simples e ampla a escalabilidade além de extremamente mais econômica do que operar com os "modelos tradicionais, monolíticos, de roteadores". Pode ser contemplado um cenário, que seria impossível sob os atuais paradigmas de roteadores monolíticos, onde uma implementação do protocolo BGP (Border Gateway Protocol) seja verdadeiramente escalonável, agnóstica de hardware que pode ser dinamicamente ligada ao gerenciamento de políticas e aplicações de rede através de uma interface aberta padrão.

O BGP implementado usando o OpenFlow foi demonstrado publicamente várias vezes (desde 2014!), vários produtos SDN comerciais (como o Scale-Out BGP Router da NoviFlow [2], que será citado no estudo de caso) e projetos open source (como os projetos Atrium e Faucet da ONF, O projeto Castor da Nova Gales do Sul e os projetos iSDX da Universidade de Princeton implementaram o BGP usando o OpenFlow. E há boas razões para continuar vendo o OpenFlow usado para implantar o BGP: é um protocolo muito limitado em termos de capacidades e, em muitos casos, a capacidade do OpenFlow para fornecer a programação centralizada expande imensamente como o BGP pode ser usado e para superar suas limitações.

Por exemplo, o Scale-Out do NoviFlow (implementação de Roteador BGP em Openflow) interconecta vários switches OpenFlow para implementar BGP em uma rede em larga escala, mas para gerenciamento de políticas todos esses switches vão olhar um único e grande roteador BGP, o que é a prática do controle centralizado e o encaminhamento distribuído.

O OpenFlow completa o sentido do BGP no que tange a aplicabilidade do protocolo BGP em redes SDN. O BGP é um dos protocolos (assim como os outros) que podem ser implementados sob OpenFlow e ter suas capacidades ampliadas.

O projeto Faucet da ONF (Open Networking Foundation) implementa todos os protocolos de um switch padrão da camada 2 com OpenFlow. Os protocolos IS-IS, OSPF, MPLS, protocolos de Load Balancing, Firewalls, Service Chaining, etc, foram todos implementados no OpenFlow, tornando possível a criação de uma única, coerente, controlada centralmente e altamente rentável implementação de todos esses protocolos.

### III. ESTUDO DE CASO - SCALE-OUT ROUTER DA NOVIFLOW

Segundo a NoviFlow [2], A ideia básica do Scale-Out Router é substituir o modelo de elemento de "roteador

monolítico" atualmente padrão na industria, por um roteador em um rack ou chassis com uma arquitetura totalmente modular baseada em computadores/servidores comerciais, Switches L2 e switches OpenFlow. Nesta arquitetura, a parte do plano de controle do roteador é transferida para máquinas virtuais em execução em servidores de forma distribuída.

Isto inclui todas as pilhas tradicionais dos protocolos BGP, IS-IS, OSPF, LDP.

Todas as funções de tratamento de dados são assumidas por switches OpenFlow de alto desempenho.

Finalmente, o backplane do chassis é substituído por switches layer 2 normais, que ligam todos os elementos em uma arquitetura completamente escalável, ilustrado a arquitetura base na figura 3.

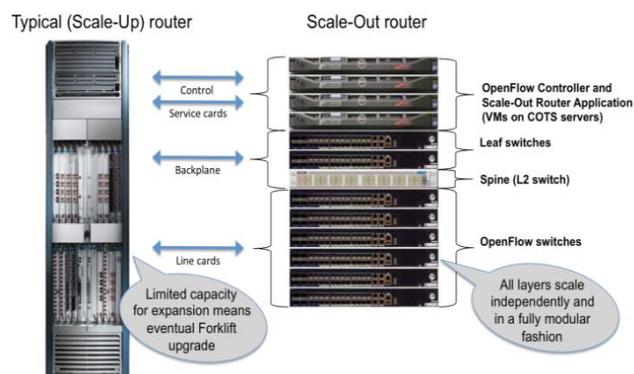


Fig. 3: Arquitetura proposta pela NoviFlow para o Scale-Out router.

A Noviflow [2] cita que outro requisito fundamental é a capacidade de gerir eficazmente a WAN e os recursos de largura de banda pois diferentes fluxos têm diferentes requisitos como largura de banda e latência por exemplo.

Um atraso temporário de 300ms na entrega de um pacote para um usuário navegando na rede não seria tão prejudicial quanto um atraso de 300ms em pacotes para uma chamada VoIP.

A Qualidade de Serviço (QoS) é um conceito e inclui tecnologias avançadas de processamento de pacotes, tais como classificação, medição, marcação, filas, técnicas para evitar congestionamento, configuração do tráfego, priorização de pacotes entre outras.

A NoviFlow [2] propõe uma solução de altíssimo desempenho com planos de encaminhamentos modulares e baseados em processadores de rede (NPU) com pipelines totalmente programáveis. Um outro benefício dos NPUs são a sua condição de atualizável também por software, com um estendido suporte.

A NoviSwitch [2] Com os hardware TCAMs (Ternary Content-Addressable Memory) com DRAM (Dynamic Random Access Memory) adequadas e switches e roteadores com suporte a openflow e com base em NPUs poderosos

também podem acomodar as enormes tabelas de fluxo necessários para aplicações SDN centralizadas.

A solução proposta da NoviSwitch [2] possui capacidades de tamanhos de tabela de fluxo de forma extremamente grande, eles também estão equipados com processadores NPUs avançados para garantir a capacidade de modificação de fluxo que é exigido por essas enormes tabelas de fluxo. Ao atender a esses requisitos, os switches NPU, como o NoviSwitches do NoviFlow, podem facilmente acomodar até mesmo as aplicações mais exigentes .

Eles oferecem o mesmo nível de programabilidade que os soft-switches, mas com o desempenho e throughput de switches baseados em hardware, fornecendo a especificação adequada com total escalabilidade e atualização do software.

A figura 4 demonstra a topologia base da aplicação NovoRouter, uma abordagem para OpenFlow-based Routing, nomeada Scale-out Router pela NoviFlow [2]

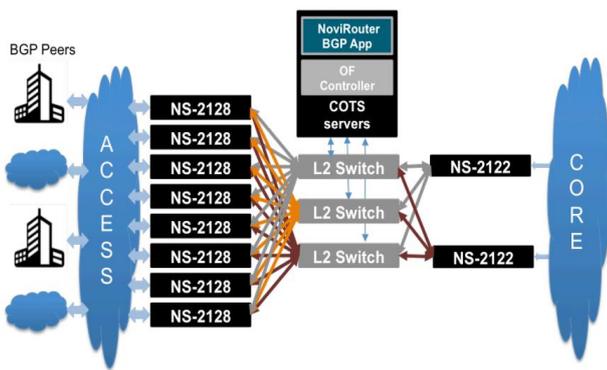


Fig. 4: Arquitetura proposta pela NoviFlow para o Scale-Out router, com a aplicação NoviRouter.

A solução proposta pela NoviFlow [2], desacoplando o plano de encaminhamento permite que existem muito mais portas de comutação possíveis todas interconectadas ao controlador . Os equipamentos com capacidade podem ser distribuídos dando uma capilaridade e inteligência para o ambiente de rede antes unimaginável. a exemplo de uma route decision feita no NoviRouter afetar os fluxos entre os switches, através de modificações de portas conforme os parâmetros e configurações pré-estabelecidas, ou reagindo a condições pré-programáveis.

Como alguns benefícios desta arquitetura, podemos citar:

- Flexibilidade para implementações
- Não forçar upgrades de hardware permitindo a possibilidade de redundância.
- Sem ficar preso a nenhum fornecedor.
- Plano de controle OpenSource (ONOS/Quagga).
- Padrões de hardware sendo estabelecidos, padrões de hardware sendo estabelecidos.
- Componentes da arquitetura tem baixo custo.

A arquitetura proposta ainda tem as seguintes vantagens que também podem ser consideradas:

- ✓ Escalabilidade: Crescer perfeitamente a partir de configurações muito pequenas (um único switch OpenFlow) para
- ✓ O tamanho que for necessário com qualquer quantidade de elementos controlado, de dois a milhares, alavancando e controlando toda a rede.
- ✓ Modularidade: Pela topologia de arquitetura altamente modular, podem ser combinados quaisquer tipo de switches openflow na topologia de implantação proposta, dimensionando a demanda conforme necessidade e tornando possíveis mecanismos de controle e gerência nunca antes pensados.
- ✓ Flexibilidade: Casos de uso adicionais podem alavancar o Scale-Out Router, por exemplo, Service Chaining de NFVs (Network Functions Virtualization) para 4G/5G e demais serviços em mobilidade e toda a gama de serviços flexíveis proporcionados pela união com a arquitetura de NFV .
- ✓ Agilidade plena: Total capacidade para reconfigurar a rede dinamicamente desde um componente básico da topologia até qualquer outro, a qualquer tempo em tempo real.
- ✓ Redução de Capex: Uma drástica redução na demanda de CAPEX, a economia em escala proporcionada pela implantação é boa.
- ✓ A desagregação reduz os custos: os roteadores de hoje são soluções verticalmente integradas oferecido por um fornecedor, um modelo econômico ineficiente. A desagregação eliminará os custos das soluções de roteamento, assim como computação e armazenamento.
- ✓ Custos com Equipamentos: Não estar preso a nenhum vendedor/fornecedor.

A topologia proposta por NoviFlow [2] também propõe uma automação no provisionamento e uma operação simplificada.

A figura 5 ilustra e descreve resumidamente os blocos da topologia da solução NoviFlow .

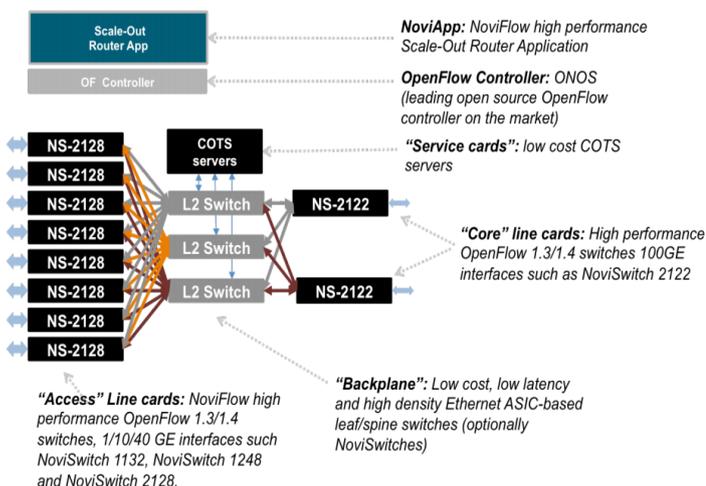


Fig. 5: Arquitetura expandida, proposta pela NoviFlow para o Scale-Out router, com a aplicação OpenFlow-based Routing.

Com o desacoplamento proposto, a tabela de roteamento pode ser distribuída pela rede conforme o planejamento de fluxo do tráfego necessitar e não mais por uma relação monolítica baseada em métricas de vetor distância.

A NoviFlow [2], com foco no protocolo OpenFlow, desenvolveu sua solução para também operar geograficamente distribuída, como ilustrado na figura 6, onde o controlador centralizado, processa o plano de controle e distribui pelos elementos de comutação da rede conforme planejamento de tráfego, considerando todos os aspectos associados e dinamicamente controla o encaminhamento do fluxo.

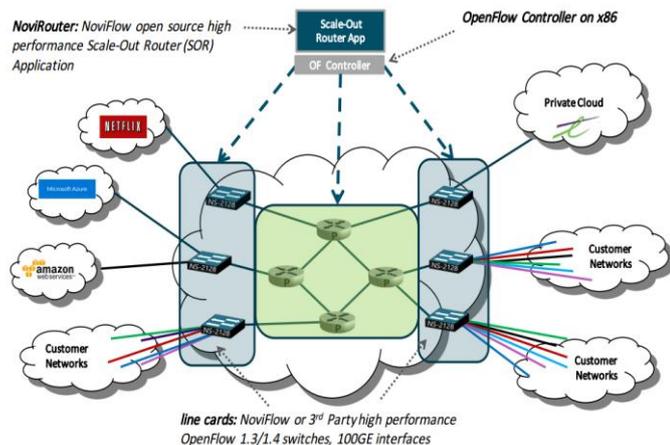


Fig. 6: Arquitetura expandida, proposta pela NoviFlow para o Scale-Out router, com a aplicação OpenFlow-based Routing.

Com o plano de controle distribuído conforme a dinamicidade dos fluxos, temos a eficiência de encaminhamento finalmente implantada na rede, pois a topologia vai permitir que os caminhos sejam dinamicamente alterados, conforme a natureza dos fluxos e especificação nas flow tables do controlador.

Ouve de fato conforme observado pela NoviFlow [2] uma escala vertiginosa, ilustrada na figura 7, da tecnologia correlata nos últimos anos, tornando possível a implantação de produtos de alto nível, e dando capacidades de controle nunca

antes pensadas, mas fundamentais para as redes de nova geração. Deixando claro que além das novas possibilidades tecnológicas, existe todo um suporte e em alguns casos (como no caso do BGP) tem suas funções primordiais estendidas.

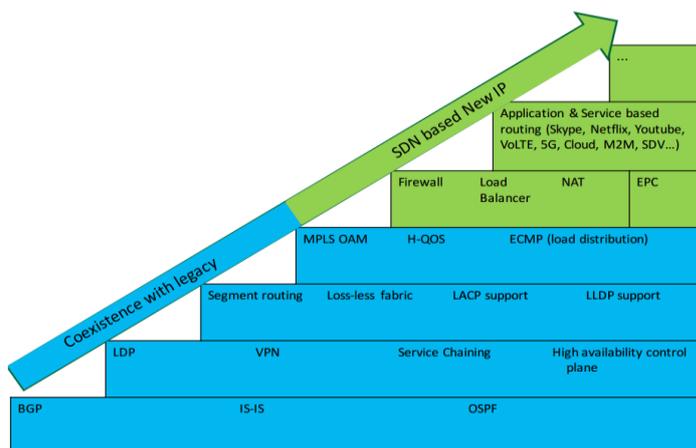


Fig. 7: Ilustração da evolução dos padrões e a coexistência com as tecnologias legadas.

#### IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma revisão bibliográfica abordando conceitualmente o paradigma de SDN e o protocolo Openflow. Abordou técnicas de roteamento em redes SDN e uma proposta de implantação de mecanismo para OpenFlow-based Routing com BGP em SDN. O estudo de caso com a proposta da NoviFlow ilustrou a aplicabilidade da tecnologia e de suas funcionalidades. Como sugestão de trabalhos futuros, fica a extensão da topologia para abordar detalhes em um controle de engenharia de tráfego apoiado em BGP e OpenFlow associados a critérios de route decision a uma arquitetura de roteamento por contexto, como o framework CAARF, otimizando e maximizando a eficácia da solução proposta.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OpenFlow. ONF. Open Networking Foundation. Disponível em: <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/openflow> . Ultimo Acesso em: 30/11/2016
- [2] The OpenFlow based Scale-Out Router. NoviFlow. Disponível em: <http://noviflow.com/wp-content/uploads/White-Paper-The-Scale-Out-Router-v1.0.pdf> . Ultimo Acesso em: 30/11/2016