

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Um Mecanismo Inteligente de Roteamento para Redes Definidas
por Software Baseadas no Protocolo OpenFlow

Bolsista: Guibson Moreira de Souza, CNPq

Manaus

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

PIB-E/0035/2013

RELATÓRIO FINAL

Um Mecanismo Inteligente de Roteamento para Redes Definidas
por Software Baseadas no Protocolo OpenFlow.

Orientador: Alexandre Passito de Queiroz

Bolsista: Guibson Moreira de Souza, CNPq

Manaus

2014

RESUMO

A arquitetura da Internet é constituída em domínios administrativos, chamados de sistemas autônomos (AS), que possuem políticas de roteamento bem definidas. Dentro de um AS, datagramas IP são roteados usando um ou mais Protocolos de Roteamento Interno (IGP). Para trocar pacotes de dados com outro AS é necessário o uso de um Protocolo de Roteamento Externo (EGP).

O objetivo desse trabalho era avaliar o comportamento dos algoritmos de roteamento da Internet na nova arquitetura SDN, avaliar a seleção de rotas do BGP (Border Gateway Protocol), onde existem as regras de eliminação ou cálculo para menor caminho, dentre os principais para o trabalho são: Atributo de valor de preferência local, onde recebe um valor de preferência local, pode ter sido estabelecida pelo roteador ou ter sido descoberta por outro roteador. AS-PATH caminho mais curto, caso exista rotas remanescentes, é selecionada a que tenha o AS-PATH mais curto, se essa fosse a única regra de seleção, o BGP usaria o algoritmo de vetor de distancias. Roteador NEXT-HOP mais próximo, caso exista rotas remanescentes, é selecionada que tenha o roteador NEXT-HOP mais próximo. Roteador usa identificadores BGP para selecionar rota, caso haja mais de uma rota e posteriormente como aplicar as técnicas de roteamento na internet através das redes SDN.

Os roteadores atuais implementam uma arquitetura de camada de rede fechada (hardware proprietário) impossibilitando a experimentação de novas pesquisas, com SDN os planos de dados e plano de controle são separados, existe um controlador onde provê uma visão geral da rede para as aplicações, a partir disso quando há comunicação entre hosts quem determina as rotas ou caminho que os pacotes devem seguir são as aplicações que estão implementadas no controlador, em SDN essa seleção de rota é parecida com os passos do BGP, que são usadas caso haja duas rotas para o mesmo prefixo, onde aplicamos a regras existentes na RFC do BGP.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
MÉTODOS UTILIZADOS	7
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	8
CONCLUSÕES	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

INTRODUÇÃO

Redes Definidas por Software (*Software Defined Networks, SDN*) constitui um novo paradigma em redes de computadores [Dorgival et.al, 2012], são redes onde os seus planos de dados e plano de controle são separados e o seu desenvolvimento em pesquisas tem crescido bastante. O plano de controle é composto por um sistema operacional e aplicações que são executados em cima dele [Passito, 2012]. A coordenação da rede é mais simples do que as chamadas arquitetura redes convencionais. Nessa arquitetura, o operador da rede escreve programas em alto nível, com isso a rede se torna mais fácil de se gerenciar e podemos aplicar outros métodos da área da computação, como: linguagens de programação, engenharia de software.

Em roteamento de pacotes deve-se analisar o menor caminho para um determinado pacote, porém nem sempre o menor caminho terá o custo melhor muitas vezes depende de políticas internas, pra isso existem algoritmos para o roteamento entre sistemas autônomos (AS's). Cada AS tem um protocolo de roteamento onde são executados dentro dos mesmos (IntraAS) e a comunicação entre os AS's é realizada por protocolos de roteamento InterAS. Um ponto importante foi a análise dos algoritmos de roteamento utilizados para esses sistemas autônomos citados anteriormente e como isso se aplicaria em Redes Definidas por Software, onde no nosso trabalho, a análise foi voltada para os sistemas InterAS.

Com o roteamento, determinamos o caminho de um determinado pacote entre seu remetente e destino (caminhos fim a fim), o plano de controle é executado em um processador de roteamento dentro de um roteador. Em SDN existe uma separação entre o plano de dados e plano de controle, com isso se torna possível ter switches e roteadores transportando dados de acordo com as regras que se encontram no servidor, a partir disso, o plano de controle fica a disposição para pesquisadores aplicarem suas ideias sem violar regras de roteamento existentes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em **[Guedes et al., 2012]**, são apresentados alguns conceitos na área de Redes Definidas por Software. Uma rede SDN é formada por um plano de controle e um plano de dados. O plano de dados é constituído pelos mesmos equipamentos de redes existentes hoje, porém adaptados com uma interface aberta para serem acessados pelo plano de controle. Esse plano de controle é composto por um sistema operacional de redes e por aplicações de gerência que são executadas por ele.

No livro de **[Kurose J. 2013]**, onde roteamento é o processo da rede que determina os caminhos fim a fim que os pacotes levam de sua origem até seu destino, plano de controle é executado em um processador de roteamento dentro de um processado, diferente de que vamos ver no trabalho onde, em SDN esse plano de controle, algoritmo de seleção de rotas do BGP, onde existem as regras de eliminação ou cálculo para menor caminho, dentre os principais para o nosso trabalho são: Atributo de valor de preferência local, AS-PATH caminho mais curto, Roteador NEXT-HOP mais próximo, Roteador usa identificadores BGP para selecionar rota.

O trabalho **[M. Yannuzi et al. 2005]** apresenta de forma compreensível, pois roteamento é considerado desafio para uma área de pesquisa, ele apresenta dois exemplos, primeiro que o que inter-domínio é um protocolo usado na internet e segundo que roteamento entre domínios determina roteamento entre redes ou domínios, são completamente autônomos, que realizam próprio roteamento baseado em políticas de importância local.

No trabalho **[BENNESBY, R. et al. 2012]** apresenta uma solução de roteamento InterAS usando a arquitetura Nox-OpenFlow, com base em algumas características do protocolo InterAS, mas mantendo os princípios de SDN. Fazendo algumas comparações entre o RouteFlow que é uma arquitetura onde utiliza um servidor externo para tratar os pacotes da rede e a aplicação que o próprio usa, onde o roteamento inter domínio é diretamente implementado como uma aplicação SDN.

METODOS UTILIZADOS

Para as pesquisas do projeto utilizamos ferramentas e métodos que temos à disposição. Começamos estudando sobre o problema abordado, utilizando livro e artigos, analisando soluções existentes e outros problemas.

Primeiramente realizamos o estudo dos protocolos de roteamento na Internet: RIP, OSPF e BGP, ao mesmo tempo que analisamos estes protocolos, analisamos as arquiteturas em busca de mecanismos apropriados para a implementação dos algoritmos de roteamento. Junto com esses estudos realizamos um outro sobre Redes Definidas por Software, com leituras de artigos.

O próximo passo no projeto foi a pesquisa sobre algoritmos de roteamento, onde estudamos os algoritmos usados na Internet e outros que pudessem auxiliar no desenvolvimento. O primeiro algoritmo de roteamento estudado foi o de estado de enlace (LS), também conhecido como algoritmo de Dijkstra. Em seguida, estudamos o algoritmo de vetor de distância.

Estudou-se sobre componentes de roteamentos InterAS utilizou-se o trabalho de [BENNESBY, R. et al. 2012], sobre o protocolo BGP utilizou-se livros e artigos: [Kurose, J. 2013], logo após essas pesquisas analisou-se suas funcionalidades, características e como isso pode ser aplicado em SDN.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pesquisou-se nesse trabalho uma melhor forma de roteamento entre Inter-AS, com algoritmos já desenvolvidos para estes tipos de sistemas. A Internet é composta por várias redes conectadas de forma descentralizada, [M. Yannuzzi et al. 2005]. Cada AS é composto por um grupo de redes sob mesma gerência administrativa. Dentro de cada AS são executados protocolos de roteamento conhecidos como protocolos Intra-AS. A comunicação entre AS's se dá por meio de protocolos Inter-AS. Os algoritmos de roteamento estudados nesse trabalho são utilizados em protocolos Inter-AS. O protocolo Inter-AS mais utilizado é o BGP (Border Gateway Protocol), e é o padrão, na prática, para roteamento entre sistemas autônomos na Internet de hoje. [Kurose, J. 2013]

O BGP é um protocolo de vetor de caminhos, uma adaptação do algoritmo vetor de distâncias, escolhe sua rota de acordo com o caminho e em políticas internas, utiliza o TCP (Transmission Control Protocol – Protocolo de Controle de Transmissão) como seu protocolo de transporte, ao contrário de outros que utilizam o UDP (User Datagram Protocol – Protocolo de datagrama do usuário).

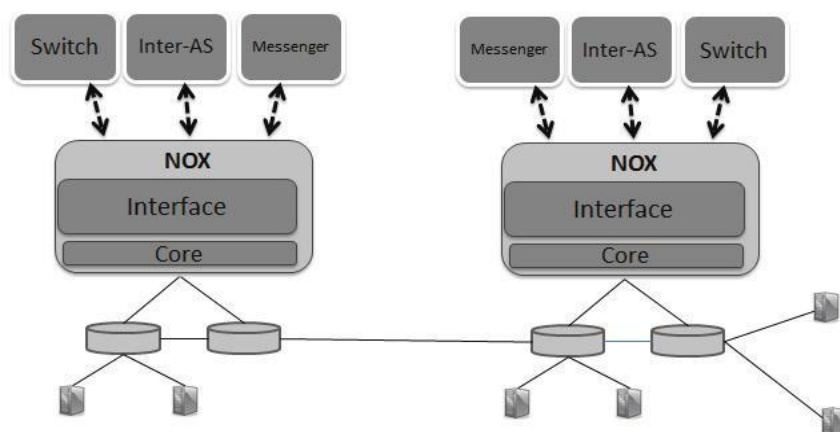
O BGP usa eBGP e iBGP para distribuir rotas a todos os roteadores dentro de ASs, existem regras de eliminação, caso o processo de seleção de rotas haja duas ou mais para o mesmo prefixo.

- Atributo de valor de preferência local – recebe um valor de preferência local, pode ter sido estabelecida pelo roteador ou ter sido descoberta por outro roteador.
- AS-PATH caminho mais curto – caso exista rotas remanescentes, é selecionada a que tenha o AS-PATH mais curto, se essa fosse a única regra de seleção, o BGP usaria o algoritmo de vetor de distancias.
- Roteador NEXT-HOP mais próximo - caso exista rotas remanescentes, é selecionada a que tenha o roteador NEXT-HOP mais próximo, o mais próximo significa o que tenha menor custo de caminho de menor custo, pelo algoritmo IntrasAS.
- Roteador usa identificadores BGP para selecionar rota, caso haja mais de uma rota. [Kurose, J. 2013]

Estudamos os algoritmos de roteamentos, dentre eles o de estado de enlace (LS) e o vetor de distâncias. O algoritmo de estado de enlace é caracterizado por ser de roteamento global, ou seja, requer informação completa sobre conectividade e custo de enlace, para que seja calculado o caminho de menor custo entre uma origem e um destino usando essa informação dos enlaces da rede [Kurose, J. 2013]. O vetor de distância tem como característica a descentralização, onde o cálculo do caminho de

menor custo é realizado de modo iterativo e distribuído, nenhum nó tem informação completa sobre os custos de todos os enlaces da rede.

O componente InterAS desenvolvido, é baseado no prefixo de destino é necessário descobrir se o host pertence ao receptor ou outro domínio e escolher para qual porta irá enviar os pacotes, para chegar ao destino. Semelhante ao BGP o componente InterAS se baseia no paradigma de destino, porque o prefixo de destino é necessário para saber se o host pertence ao destino ou outro domínio e escolher qual porta encaminhar os pacotes, o componente InterAS contém uma tabela de roteamento, diferente do BGP onde é dividido em três partes, enquanto o InterAS tem apenas uma tabela de roteamento [R. Bennesby, 2012]. O atributo importante do componente InterAS é o AS-PATH.



A figura 1 mostra a interação do componente e arquitetura, no encaminhamento de roteamento InterAS.

Figura 1. Roteamento InterAS e a comunicação do componente Messenger

Com essas análises no protocolo BGP, foi visto algumas arquiteturas de roteamentos em Redes Definidas por Software, foi visto a arquitetura RouterFlow onde se utiliza um servidor externo para tratar o roteamento IP e traduzem para arquitetura SDN e o outro foi Inter-SDN onde é implementado diretamente como uma aplicação SDN.

A partir disso foi analisado a forma de como a seleção de rotas do BGP poderia se aplicar usando os princípios de SDN, onde o processo de seleção de rota usa os mesmos passos: o valor de preferência: para definir o grau de preferência (o maior grau deve ser preferido) entre as rotas de destino com o mesmo valor de prefixo, mantendo o mesmo valor de preferência chama o AS-PATH onde prefere o caminho mais curto. Na aplicação desenvolvida a seleção de rotas tem menos passos usados

no BGP, apenas os citados, porém utiliza um último passo quando há rotas existentes chamado Socket ID que a aplicação cria um valor único para não haver rotas remanescentes, porém podemos aplicar as outras regras de eliminação conforme a RFC do BGP [R. BENNESBY, et al 2014].

CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento inicial dessa pesquisa, pude aproveitar conceitos da área de Redes de Computadores em geral, principalmente na camada de redes, onde analisamos protocolos de roteamentos e algoritmos de roteamento entre sistemas autônomos, dentre esses protocolos foi utilizado o BGP, para que em outra etapa do trabalho fosse aplicado em SDN, isso foi a inicialização para que pudesse conhecer o novo paradigma na área de redes que são as Redes Definidas por Software, sua abordagem é muito importante para resolver problemas de redes existentes hoje e é uma área onde as pesquisas vem crescendo. Estudou-se alguns algoritmos de roteamento: Vetor de Distâncias e Estado de Enlace, vimos suas principais diferenças, um sendo de roteamento descentralizado outro que é de conhecimento de toda a rede (global). Os estudos da primeira parte agregamos com a parte dos estudos em SDN, analisando técnicas e arquiteturas de roteamento, como RouteFlow e Inter-SDN desenvolvido como uma aplicação SDN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Kurose, James F. Computer networking: a top-down approach 6. Ed – 2013.

[Guedes et al., 2012] Guedes, D., Vieira, L., Vieira, M., Rodrigues, H. e Nunes, R. (2012). **Redes Definidas por Software: uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de pesquisas em Redes de Computadores**. Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores-SBRC 2012, p. 160–210.

M. Yannuzi, X. Masip-Bruin, and O. Bonaventure, **Open issues in interdomain routing: a survey**, Network, IEEE, vol. 19, no. 6, pp. 49 – 56, Nov.-Dec. 2005.

BENNESBY, R. et al. An Inter-AS Routing Component for Software-Defined Networks. In: NETWORK OPERATIONS AND MANAGEMENT SYMPOSIUM, 2012, Maui. **Anais do Network Operations And Management Symposium**. Nova Iorque: IEEE/IFIP, 2012.

BENNESBY, R. et al. **Innovating on Interdomain Routing with an Inter-SDN Component**. In: International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2014.

GUDE, N. et al. **Nox: Toward an operating system for networks**. ACM SIGCOMM Computer Communications Review, 2008.