

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Análise de tráfego entre OVS e controlador SDN

Ricardo Cesar Câmara Ferrari¹

Departamento de Engenharia Elétrica, UNESP, Ilha Solteira, SP

Ailton Akira Shinoda²

Departamento de Engenharia Elétrica, UNESP, Ilha Solteira, SP

Christiane Marie Schweitzer³

Departamento de Matemática, UNESP, Ilha Solteira, SP

Resumo. Recentemente, várias pesquisas tratam da união das tecnologias Software-Defined Networking (SDN) e Smart Grid, possibilitando que as redes inteligentes consigam usufruir da arquitetura das redes definidas por software, que centraliza todo plano de controle da rede em um controlador. Sabendo que o controlador contém todas as regras de controle de uma rede através da comunicação entre ele e um switch com suporte OpenFlow, por exemplo, os fluxos de comunicação entre eles passam a ser frequentes. Sendo assim, depois de uma análise em alguns trabalhos relacionados a desempenho em SDN, não foi encontrado um estudo específico que tratasse da comunicação entre um comutador OpenFlow e um controlador. Desta forma, foram realizados testes para analisar o fluxo de dados entre o comutador e o controlador, incrementando o número de escravos em uma Smart Grid, a fim de identificar qualquer alteração comprometedoras entre os dois nós da rede.

Palavras-chave. SDN, Smart Grid, desempenho, RTT.

1 Introdução

Com o objetivo de aumentar a integração e um uso de energia mais inteligente, com recursos energéticos distribuídos, a Smart Grid foi proposta para substituir o sistema de energia convencional, possibilitando um sistema inteligente de energia e comunicação de dados. Uma diversidade de dispositivos e eletrodomésticos serão interligados e se comunicarão em uma rede inteligente para medição, monitoramento e controle.

Pesquisas recentes se concentraram na segurança das redes Smart Grid, como ataques de DDOS, comentado em [9]. Já em [5], foi realizado um estudo de desempenho entre multi-redes, propondo um controlador SDN para gerenciamento de fluxo na “internet das coisas”. Em [6], é apresentada uma pesquisa sobre o RTT entre nós da rede, ou seja, no plano de dados da SDN. Isso mostra uma preocupação real sobre o assunto, porém, não relata desempenho entre o controlador e o comutador.

Motivado pelas oportunidades que uma SDN pode trazer para uma Smart Grid e pela falta de clareza das pesquisas em relação ao desempenho entre o controlador e o

¹rccferrari@hotmail.com

²shinoda@dee.feis.unesp.br

³chris@mat.feis.unesp.br

computador, é proposta uma arquitetura que simula a troca de dados entre dispositivos de uma rede Smart Grid, através de um switch com recursos Openflow ligado a um controlador POX. Para isso, o artigo está organizado da seguinte forma: A Seção II examina mais detalhadamente o SDN e a Smart Grid. A Seção III expõe os materiais e métodos, com o objetivo de apresentar o plano de testes. Em seguida, a seção IV apresenta os resultados obtidos com base no plano de testes da seção anterior. Por fim, a Seção V conclui o artigo.

2 SDN e Smart Grid

Para [3], Smart Grid ou redes inteligentes, trata-se de um conceito abrangente que pode se tornar um elemento fundamental de transformação. A realidade da Smart Grid deve transformar o sistema elétrico em uma moderna rede que permitirá às concessionárias de energia e aos consumidores mudar a forma como disponibilizam e consomem energia. A parte mais visível dessa evolução, atualmente, está no uso, em larga escala, dos medidores eletrônicos de energia, que permitirão, em curto prazo, exercitar novas modalidades tarifárias e novos comportamentos de consumo. Telecomunicações, sensoriamento, sistemas de informação e computação, combinados com a infraestrutura já existente, passam a constituir cada vez mais um arsenal poderoso que pode fazer a diferença.

O DNP3 (“Distributed Network Protocol Version 3”) ou protocolo de rede distribuída é um padrão de telecomunicações que define a comunicação entre a estação mestre, um computador e as estações escravas (dispositivos eletrônicos inteligentes) CLPs, UTRs e IEDs. Foi desenvolvido para obter uma interoperabilidade entre os sistemas no setor elétrico, óleo e gás e água e esgoto, como pode ser visto em [2].

Nos equipamentos de redes tradicionais o roteamento dos pacotes de rede é definido por algoritmos geralmente fechados, de difícil ou impossível modificação. Se o controle das tomadas de decisão fosse logicamente centralizado haveria a possibilidade da definição do comportamento da rede em software, não apenas pelos próprios fabricantes do equipamento, mas também por fornecedores ou pelos próprios usuários. As Redes Definidas por Software constituem esse novo paradigma para o desenvolvimento das redes de computadores, como apresentado por [7].

Nesse sentido, as redes SDN têm a capacidade de controlar o plano de encaminhamento de pacotes, sendo o OpenFlow uma das interfaces mais conhecidas deste paradigma. Mais detalhes em [4].

Assim, faz-se necessário na arquitetura das SDNs um nível que concentre as tarefas de manipulação dos elementos de rede oferecendo uma abstração de mais alto nível para o desenvolvedor. Esse componente, chamado de controlador SDN, pode concentrar a comunicação com todos os elementos programáveis da rede oferecendo uma visão unificada da rede, como descrito em [1].

Foram desenvolvidos diversos controladores para o paradigma SDN. Porém, o controlador utilizado foi o POX, sendo uma plataforma para o desenvolvimento e a prototipagem rápida de aplicações de software para SDNs usando Python.

3 Materiais e métodos

O objetivo principal do trabalho é analisar o fluxo de dados entre o switch OpenFlow (OVS) e controlador SDN (POX), tendo em vista que a boa comunicação entre o switch e o controlador é fundamental para um bom monitoramento da rede Smart Grid. Esforços nesse sentido, como o trabalho publicado por [6], já trabalham com o tempo de resposta entre os nós, para que deste modo, a comunicação com o controlador não se comprometa com o aumento de escravos na rede Smart Grid. A Figura 1 apresenta o ambiente utilizado para testes.

Para a realização dos testes foram utilizados três computadores, sendo um servidor de escravos Smart Grid, um controlador da SDN (POX) e um mestre Smart Grid. No servidor de escravos Smart Grid estão 10 máquinas virtuais configuradas com a ferramenta Virtualbox, representando as máquinas escravos de uma Smart Grid.

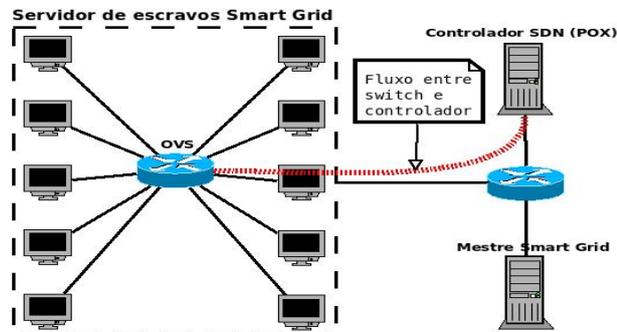


Figure 1: Ambiente para testes.

3.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a criação do ambiente de testes foram: 1 controlador SDN, 1 Servidor de escravos e um Mestre, interligados através de uma rede cabeada.

Desta forma, foram criadas 10 máquinas virtuais no servidor de escravos, utilizando o software de virtualização VirtualBox, representando os escravos da rede Smart Grid, interligadas através de um roteador OpenVSwitch, criado a partir do Mininet.

3.2 Ferramentas

Para a realização dos testes, foram utilizados os softwares, VirtualBox, Wireshark, Axon Test Simulator, DNP3 Test Set (TS), Mininet e o controlador POX.

3.3 Plano de Testes

Para realizar os testes, as 10 máquinas virtuais foram hospedadas no servidor de escravos, interligadas através do VirtualBox, com o switch criado pelo Mininet, que utiliza o OpenVSwitch como comutador da rede virtual com suporte OpenFlow. Com isso, as

máquinas escravas geram fluxo DNP3 com a ferramenta TS e a máquina mestre utilizando a ferramenta Axon Test Simulator. Por fim, o controlador da rede SDN está preparado para receber os fluxos necessários para as comunicações entre as máquinas escravas e o mestre da Smart Grid.

No controlador utilizou-se o Wireshark para capturar o tráfego entre ele e o switch, para que fosse analisado posteriormente. O controlador da rede SDN foi configurado com o IP 200.145.244.161 e o servidor de escravos com o IP 200.145.244.174.

Foram realizados dois testes diferentes, com 2 e 10 escravos na rede Smart Grid, produzindo 2 capturas de fluxos no Wireshark, entre o switch e o controlador.

4 Resultados

Após a realização dos testes, foram obtidos resultados mostrando as características de comunicação entre o controlador e o switch em cada um dos experimentos, como número de pacotes, tempo de captura e quantidade de Bytes capturados. Além de analisar pacotes de retransmissões, permitindo avaliar se o fluxo entre o controlador e switch é afetado com um número maior de escravos na rede Smart Grid.

As Figuras 2 e 3 mostram as capturas do número de pacotes de transmissões, retransmissões e de pacotes NetBIOS.

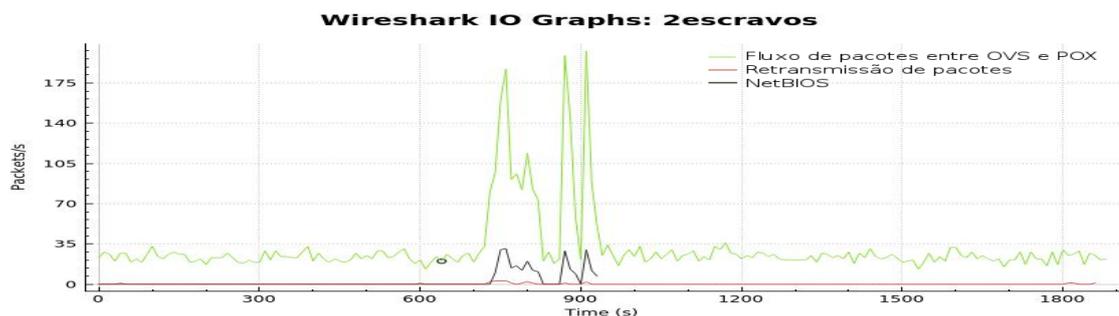


Figure 2: Captura com 2 escravos.

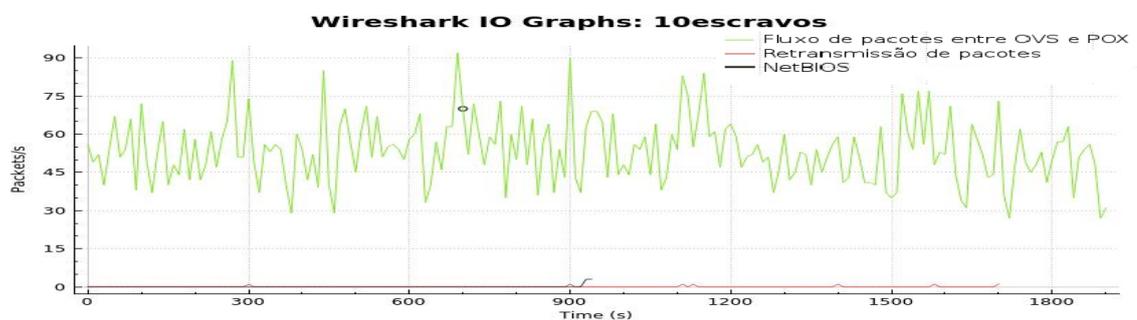


Figure 3: Captura com 10 escravos.

A Figura 2 apresenta picos de pacotes/s no fluxo entre o switch e o controlador, no mesmo momento que ocorre um tráfego de dados com a aplicação NetBIOS, tendo como consequência um pequeno número de pacotes retransmitidos, além do aumento de pacotes considerável entre o controlador e o switch. Essa oscilação de envio de dados apresentada, ocorre quando inúmeros pacotes `OFPT_PACKET_IN` são enviados para o controlador. Essa primitiva é utilizada pelo switch para enviar ao controlador um pacote recebido. O envio do pacote ocorre quando não é possível encontrar na tabela de fluxo do switch uma entrada correspondente a ele [8]. Outro tipo de pacote enviado é o `OFPT_PACKET_OUT`, que funciona de maneira complementar, enviando um pacote do controlador para o switch. Os pacotes que exigiram atualização na tabela de fluxo do switch foram dos tipos Link-Local Multicast Name Resolution (LLMNR), Network Basic Input/Output System (NetBIOS), Hypertext Transfer Protocol (HTTP), Internet Group Management Protocol (IGMP), Internet Control Message Protocol (ICMP), Address Resolution Protocol (ARP) e Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP). Porém, pacotes do tipo NetBIOS foram os que mais impactaram na troca de dados entre POX e OVS. Na Figura 3 também tráfego de dados com a aplicação NetBIOS, porém não impactou na quantidade de pacotes trocados entre o OVS e o POX, devido a pequena quantidade recebida.

O fato desses tipos de mensagens serem capturadas pelo Wireshark é a utilização de um servidor Virtual de escravos, onde cada escravo possui um endereço IPv4 diferente, necessitando desses tipos de mensagens para estabelecer a comunicação entre os escravos e o mestre da rede Smart Grid.

Outro tipo de análise realizada foi a medição do Round Trip Time (RTT) do switch para o controlador, com o intuito de avaliar o comportamento da rede com diferentes números de escravos. A análise indentificou que os RTTs do OVS para o POX tiveram um comportamento parecido, tanto para 2 escravos, como para 10 escravos, tendo mais de 90% dos RTT menores que 45 ms. Da mesma forma, os RTT do POX para o OVS, também tiveram comportamentos semelhantes, com todos seus RTT abaixo de 45 ms.

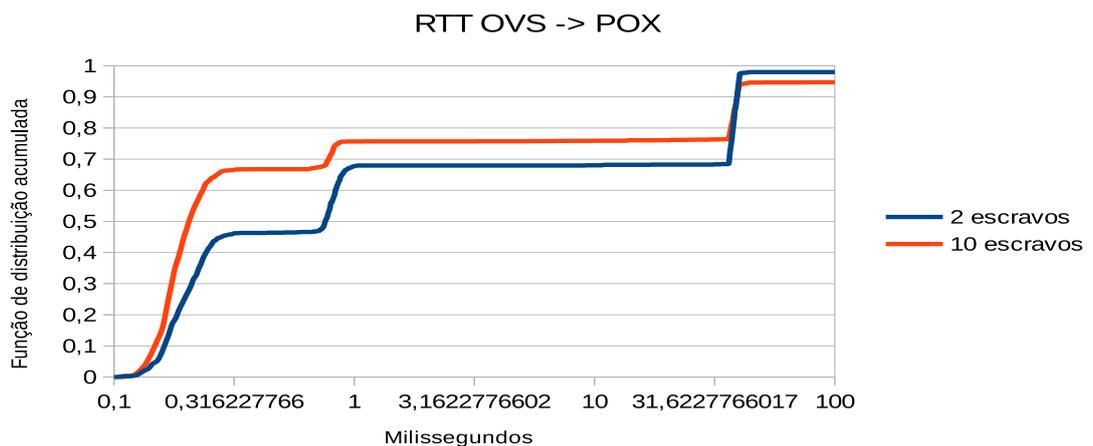


Figure 4: Função acumulada do RTT de OVS para POX.

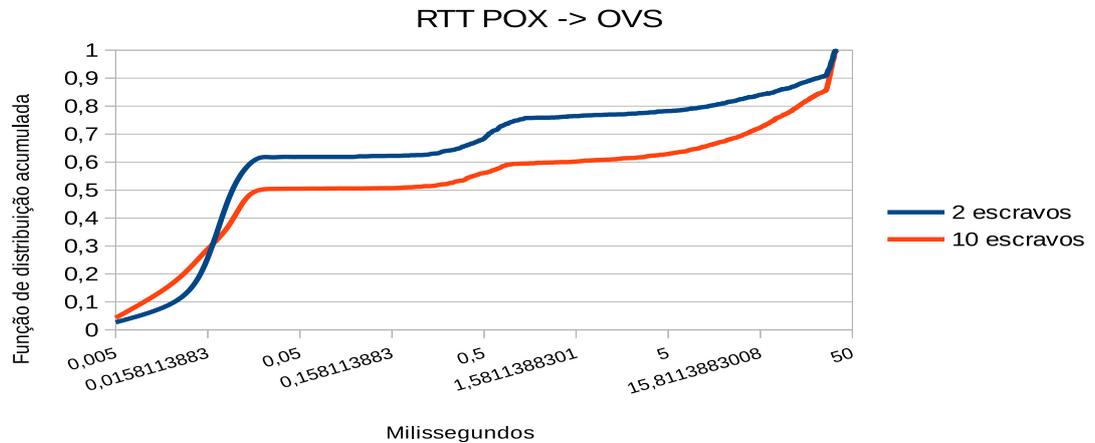


Figure 5: Função acumulada do RTT de POX para OVS.

Entretanto, a Figura 4 apresenta as curvas invertidas. Isso acontece pelo uso do protocolo ARP que é proporcionalmente maior com 10 escravos, aumentando o número de mensagens RTT abaixo de 40 ms com 10 escravos.

Mesmo com o aumento proporcional de mensagens ARP, devemos considerar que para a comunicação entre os nós em uma rede, o protocolo ARP é utilizado por um nó a fim de descobrir o endereço IP de outro nó para estabelecer uma comunicação. Assim, mensagens ARP são fundamentais para o funcionamento da rede.

5 Conclusão

Através dos testes realizados foi possível avaliar o comportamento da troca de pacotes OpenFlow entre o switch e o controlador em uma SDN, tendo como fluxo principal pacotes DNP3 de uma rede Smart Grid. Desta forma, tivemos resultados interessantes que apresentaram uma comunicação estável, mesmo aumentando o número de escravos da rede Smart Grid. Os picos na comunicação entre o controlador e switch, apresentados na Figura 2, mostraram que outros tipos de pacotes podem comprometer a rede, como foi o caso da aplicação NetBIOS. Isso pode ser solucionado com a adição de regras na tabela de fluxo do switch para determinados tipos de pacotes. Esse tipo de regra não impactaria na comunicação entre mestre e escravos da rede Smart Grid, já que alguns tipos de pacotes não são necessários para uma rede Smart Grid.

Sabendo da importância de medir o fluxo de dados entre o controlador e o switch para evitar um gargalo na rede SDN, os testes tiveram um resultado satisfatório, considerando que a quantidade de escravos igual a 10 é compatível com uma aplicação residencial de Smart Grid, além de manter uma boa performance da rede, com mais de 90% dos RTT abaixo de 45 ms e com mais de 60% dos RTT abaixo de 1 ms.

Assim, podemos concluir que não houve grandes impactos na comunicação com o

aumento de escravos na rede Smart Grid. Porém, os resultados obtidos nos experimentos podem ser melhorados com o incremento de escravos e definição de topologias de rede diferentes. Contudo, outros tipos de aplicações com parâmetros diferentes em nós da rede Smart Grid podem apresentar resultados interessantes em trabalhos futuros, podendo aumentar a quantidade de variáveis para uma rede bem projetada.

References

- [1] M. Casado, T. Koponen, R. Ramanathan, S. Shenker. Virtualizing The Network Forwarding Plane. In: Proceedings Of The Workshop On Programmable Routers For Extensible Services Of Tomorrow, Presto, Proceedings... vol. 8, p. 1-8, 2010.
- [2] G. Clarke, D. Reynders, W. Edwin. Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, IEC 60870-5 and Related Systems, Newnes, 2004.
- [3] Disponível em: <http://www.cpqd.com.br/mercado/smart-grid>. Acesso em: 07 jun. 2014.
- [4] D. Guedes. 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, vol. 30, p. 160-210, 2012.
- [5] Z. Qin, G. Denker, C. Giannelli, P. Bellavista, N. Venkatasubramanian. A Software Defined Networking Architecture for the Internet-of-Things, 2014 IEEE network operations and management symposium (NOMS), 1-9.
- [6] S. Rinaldi, P. Ferrari, D. Brandao, S. Sulis. "Software defined networking applied to the heterogeneous infrastructure of Smart Grid", 2015 IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS), Palma de Mallorca, Spain, May 27-29, 2015, pp. 1-4, ISBN 978-1-4799-8244-8, DOI 10.1109/WFCS.2015.7160573.
- [7] C. E. Rothenberg, M. R. Nascimento, M.R. Salvador, M. F. Magalhães OpenFlow e redes definidas por software: um novo paradigma de controle e inovação em redes de pacotes. Cad. CPqD Tecnologia, vol. 7, p. 1-6, 2010.
- [8] F. O. Silva. Endereçamento Por Título: Uma Forma De Encaminhamento Multicast Para A Próxima Geração De Redes De Computadores. 03/12/2013. 184. Tese - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.
- [9] J. Zhang, B. C. Seet, T. T. Lie, C. H. Foh. Opportunities for software-defined networking in Smart Grid. In Proceedings of the 2013 9th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS), Tainan, Taiwan, 10–13 December 2013; pp. 1–5.