



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020

IMPLEMENTAÇÃO DA ARQUITETURA SOFT-IOT EM AMBIENTE DE EMULAÇÃO FOGBED

Matheus Teles de Oliveira¹; Antonio Augusto Teixeira Ribeiro Coutinho²;

1. Estagiário PEVIC, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: moliveira@ecomp.uefs.br
2. Orientador, Departamento de Tecnologia (DTEC), Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: acoutinho@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Internet das Coisas; Computação em Névoa; Emulação.

INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT) (GUBBI et al., 2013) vem sofrendo importantes desenvolvimentos e avanços nos últimos anos, permitindo o surgimento de diferentes e sofisticadas soluções como cidades inteligentes, internet industrial, redes veiculares, entre outras. A crescente demanda por aplicações com tempo de latência menor e diferentes formas de coletar, processar, distribuir e proteger os dados que estão sendo armazenados fora da nuvem tornou a computação em névoa (*fog computing*) (BONOMI et al., 2014) uma tecnologia promissora. Atualmente, é proposto que a combinação das tecnologias de nuvem e névoa precisa ser explorada como uma alternativa para atender os requisitos de soluções inovadoras na IoT.

Prazeres e Serrano (2016) introduziram o conceito de névoa das coisas (*Fog of Things*, FoT) para fomentar o uso cooperativo de dispositivos na borda de rede como servidores locais e *gateways* no gerenciamento e controle das atividades, além da entrega de serviços aos clientes. Para isso, os autores apresentaram a plataforma SOFT-IoT (*Self-Organizing FoT for the IoT*) como uma implementação do paradigma FoT, usando uma infraestrutura *Enterprise Service Bus* (ESB) baseada no OSGi¹, que segue uma especificação modular compatível com o paradigma orientado à serviços.

Com o suporte ao projeto SOFT-IoT, o *framework* Fogbed (COUTINHO et al., 2018) foi desenvolvido para permitir a implantação e teste de componentes e aplicações de computação em névoa de forma escalável. Devido ao alto custo da implantação de plataformas de testes (*testbeds*) para prototipagem de ecossistemas da IoT (ABREU et al., 2020), ambientes de simulação ou emulação representam uma alternativa viável e de baixo custo para avaliar soluções IoT em estágio inicial de desenvolvimento. Embora estes ambientes sejam amplamente usados na modelagem de sistemas de nuvem, eles ainda estão em um estágio inicial em sistemas de névoa (ABREU et al., 2020).

Nosso objetivo neste trabalho foi utilizar a plataforma SOFT-IoT como estudo de caso, para validar a prototipagem rápida e o teste escalável de componentes, aplicativos e serviços IoT reais com suporte à névoa, descrevendo as tecnologias utilizadas para implementar suas funcionalidades em um ambiente virtualizado.

¹ <https://www.osgi.org/>

MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto, o primeiro passo foi um estudo sobre a arquitetura do SOFT-IoT, onde os componentes físicos principais são os *FoT-Devices* (sensores e atuadores) e os *FoT-Gateways*. Os *FoT-Devices* são embutidos com um driver que implementa um protocolo leve chamado *The Accessible Thing Universe Protocol* (TATU), estendendo o protocolo MQTT² com padronização de mensagens para comunicação entre os *FoT-Devices* e os *FoT-Gateways*. Os *FoT-Gateways* são projetados como dispositivos de baixo custo com processamento e recursos de memória limitados que implementam um *middleware* composto por duas camadas: uma camada orientada a mensagens e outra camada orientada a serviços (PRAZERES et al., 2017).

O próximo passo foi o estudo da interface de configuração do Fogbed, cuja arquitetura atual foi projetada para prototipar e testar componentes de névoa em um ambiente virtual executando em um cluster de máquinas *host* em uma rede local. Porém, para possibilitar a execução da arquitetura SOFT-IoT de forma emulada e escalável em diferentes máquinas físicas, foi necessária realizar antes uma containerização de seus componentes visando a distribuição de *FoT-Gateways* e *FoT-Devices* como instâncias de névoa virtuais. Também, foi necessária a configuração das imagens de contêineres e dos módulos do SOFT-IoT para permitir suporte a seus protocolos e serviços. Essa configuração foi realizada através da interface de contêineres Docker³, onde uma única imagem do sistema pode ser usada para instanciar todos os nós em um ambiente virtual.

O próximo passo foi a implementação de um estudo de caso utilizando os serviços da plataforma SOFT-IoT sobre o ambiente Fogbed. Para isso foram especificados os requisitos funcionais empregados no estudo de caso, além da implementação das funcionalidades que permitiram a sua execução sobre uma topologia de rede virtual.

Por fim, foi projetado um experimento para avaliar o desempenho dos nós virtuais de névoa propostos no estudo de caso. Através da API de topologia do Fogbed foram implementados *scripts* de configuração dinâmica para rede emulada entre as instâncias de névoa virtuais. Na realização dos experimentos, foram utilizadas uma rede de computadores e estações de trabalho do Laboratório de Redes e Sistemas Distribuídos (LARSID) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), além de recursos do bolsista e do orientador na metade final do trabalho, devido ao isolamento do laboratório pela pandemia de COVID-19 no Estado da Bahia.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O principal resultado desse trabalho foi a implementação da arquitetura SOFT-IoT emulada através do framework Fogbed. A Figura 1 apresenta os componentes principais da arquitetura SOFT-IoT, mostrando uma divisão de sua estrutura em camadas. A primeira é a Camada de Percepção, composta no mundo real por objetos físicos *FoT-Devices* embutido com sensores e atuadores. Entretanto, para o objetivo dessa pesquisa, esses dispositivos são emulados através de contêineres Docker que geram dados de sensores simulados durante sua execução.

² <https://mqtt.org/>

³ <https://www.docker.com/>

A Camada de Rede é responsável por transferir as informações dos *FoT-Devices* para o sistema que processará as informações na Camada de Middleware, os *FoT-Gateways*. No lugar de uma infraestrutura física do mundo real, os canais de comunicação de rede, os nós de névoa e sua topologia são emulados para criar uma rede virtual entre *FoT-Gateways* instanciados a partir de imagens Docker usando o Fogbed.

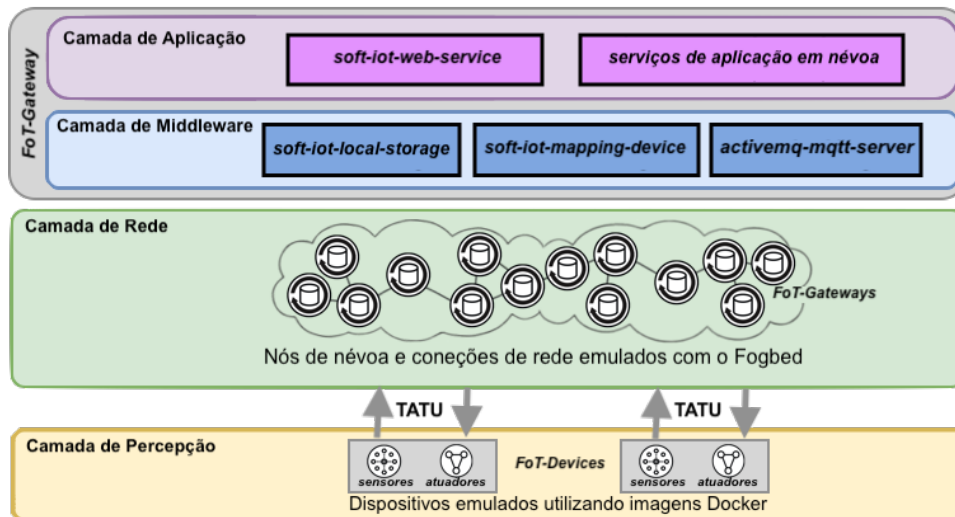


Figura 1. Arquitetura em camadas do SOFT-IoT emulada com Fogbed.

Instalada nos *FoT-Gateways* da arquitetura SOFT-IoT, a Camada de Middleware possui uma parte orientada a mensagens e outra orientada a serviços. A camada orientada a mensagens fornece a comunicação entre os *FoT-Gateways* e os *FoT-Devices* usando mensagens TATU através do serviço *activemq-mqtt-server*, enquanto a camada orientada a serviços fornece comunicação entre os aplicativos e os serviços implantados nos *FoT-Gateways* usando o módulo *soft-iot-web-service*. Esta camada também fornece um container para a implementação de novos serviços que podem estender as funcionalidades do SOFT-IoT e propiciar suporte a aplicações sofisticadas em névoa.

```

gat1 = e1.addDocker('gat1', ip='10.0.0.1', dimage="ubuntu:gateway",
resources=PREDEFINED_RESOURCES['medium'])
dev1 = e1.addDocker('dev1', ip='10.0.1.1', dimage="ubuntu:device",
resources=PREDEFINED_RESOURCES['small'])

```

Script 1. Definição de instâncias virtuais com imagens Docker usando o Fogbed.

Além do gerenciamento de serviços e comunicação entre dispositivos, as responsabilidades básicas da Camada de Middleware incluem a configuração e o fornecimento de informações sobre a Camada de Percepção através do módulo *soft-iot-mapping-device*. Os dados obtidos através da Camada de Rede por um *FoT-Gateway* podem ser armazenados em uma base de dados de sensores remota ou local através do serviço *soft-iot-local-storage*. Além disso, através de *serviços de aplicação*, essa camada pode realizar o processamento (em névoa) sobre os dados e ou tomar decisões automáticas com base nos resultados desse processamento.

Para emulação da infraestrutura do SOFT-IoT, o Fogbed foi configurado através da definição de instâncias virtuais, nós virtuais, comutadores virtuais e conexões virtuais. Por exemplo, o Script 1 mostra um trecho da configuração da topologia do

Fogbed que define dois elementos virtuais de névoa `gat1` (*FoT-Gateway*) e `dev1` (*FoT-Device*) dentro de uma instância virtual `e1`, onde cada dispositivo será instanciado a partir de uma imagem Docker diferente, especificadas com o parâmetro `dimage`.

O Script 2 mostra a definição de recursos pré-definidos que foram criados e associados as instâncias de névoa com o parâmetro `resources` na configuração. Essas definições são usadas na inicialização das imagens pelo Fogbed para configurar os recursos de CPU e memória das instâncias Docker relativas aos componentes emulados.

```
PREDEFINED_RESOURCES = {
  "tiny": {"cu": 0.5, "mu": 128}, // exemplo para um sensor inteligente
  "small": {"cu": 1, "mu": 256}, // exemplo para um arduino
  "medium": {"cu": 4, "mu": 512}, // exemplo para um raspberry pi W
  "large": {"cu": 8, "mu": 1024}, // exemplo para um raspberry pi 3
  "xlarge": {"cu": 16, "mu": 2048}, // exemplo para um raspberry pi 4
  "xxlarge": {"cu": 32, "mu": 4096} // exemplo para um servidor de névoa
}
```

Script 2. Recursos pré-definidos que podem ser aplicados a cada instância virtual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho conduzido faz parte de um projeto maior que busca avaliar a escalabilidade na emulação de ambientes IoT. Para o estudo de caso analisado, foi necessário estudar e implementar nós de névoa usando o framework SOFT-IoT em ambiente virtual e emulado através do *framework* Fogbed. Porém, devido ao isolamento dos laboratórios da UEFS durante a pandemia da COVID-19, não foram executados experimentos para avaliar a escalabilidade do ambiente virtual em diferentes máquinas *host*. Entretanto, todos os passos para a configuração dos experimentos foram realizados de forma remota, e o trabalho pode ter continuidade por outro estagiário ou bolsista assim que as atividades em laboratório forem retomadas pela UEFS.

REFERÊNCIAS

- BONOMI, F. et al. (2014). Fog computing: A platform for internet of things and analytics. In: Big data and internet of things: A roadmap for smart environments. Springer, Cham, p. 169-186.
- GUBBI, J. et al. 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, Future generation computer systems 29.7: 1645-1660.
- PRAZERES, C., SERRANO, M. 2016. SOFT-IoT: Self-organizing fog of things. In: 2016 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA). IEEE, p. 803-808.
- PRAZERES, C., BARBOSA, J., ANDRADE, L., e SERRANO, M. (2017). Design and implementation of a message-service oriented middleware for fog of things platforms. In Proceedings of the Symposium on Applied Computing, SAC '17, pp. 1814–1819.
- COUTINHO, A. et al. 2018. Fogbed: A rapid-prototyping emulation environment for fog computing, in Communications Workshops (ICC Workshops), 2018 IEEE International Conference, pp. 1-7.
- ABREU, D. P. et al. 2020. A comparative analysis of simulators for the Cloud to Fog continuum. Simulation Modelling Practice and Theory, vol.101, pp.102029.