

Um mecanismo de gerência de mobilidade em redes sem fio heterogêneas definidas por software

Isaac Álfes Santos Cruz¹, Jorge Lima Oliveira Filho¹

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

Campus Soane Nazaré de Andrade - Rodovia Jorge Amado, km 16 -
45.662-900 – Ilhéus – Bahia - Brasil

isaac_alfes@hotmail.com, jlofilho@uesc.br

Abstract. *With the arrival of 5G technology and its imminent popularization, a new approach is needed in the way network exchanges are carried out through mobile devices (DM), also known as handover. 5G uses higher frequencies than 4G and therefore has a shorter range, so more 5G access points are needed to cover a given area, thus increasing the chances that a mobile device (DM) will need to perform handovers more often. The present work presents a mechanism for the management of handovers using the SDN (Software Defined Networking) paradigm that helps the DM to connect in the best network, thus avoiding unnecessary handovers, achieving efficiency in the transfer of responsibility over the choice of network.*

Resumo. Com a chegada da tecnologia 5G e sua eminente popularização se faz necessária uma nova abordagem na maneira como são realizadas as trocas de redes pelos dispositivos móveis (DM), também conhecida como *handover*. O 5G utiliza frequências mais altas que o 4G e por consequência tem um alcance menor, assim é preciso mais pontos de acesso 5G para cobrir uma determinada área, aumentando assim as chances de um dispositivo móvel (DM) precisar realizar *handovers* com maior frequência. O presente trabalho apresenta um mecanismo para a gerência de *handovers* utilizando o paradigma SDN (*Software Defined Networking*) que auxilia o DM a se conectar na melhor rede evitando assim *handovers* desnecessários alcançando eficiência na transferência da responsabilidade sobre a escolha de rede.

1. Introdução

A popularização da Internet mudou o comportamento dos indivíduos na forma de comunicação. É crescente a necessidade das pessoas estarem sempre conectadas para realizar suas tarefas. Novos serviços que surgem na Internet precisam estar sempre conectados e com algum requisito de Qualidade de Serviço (QoS) como, por exemplo, monitoramento de cidades, rastreadores de carro, etc. Existem diversas tecnologias de redes sem fio que já possibilitam que pessoas fiquem conectadas permanentemente, porém elas não se integram de forma transparente para o usuário, por exemplo, se um usuário estiver em uma chamada de voz sobre IP (Ex: Skype) numa rede WiFi e se deslocar para um local fora do alcance dessa rede mas com a cobertura de uma rede celular, a chamada é interrompida até que uma nova conexão da rede celular seja estabelecida.

Essa heterogeneidade de tecnologias de rede ainda precisa evoluir no sentido de prover um serviço unificado e transparente para o usuário. Nas redes de quinta geração é desejável que o usuário possa desfrutar de toda a infraestrutura disponível em volta dele independentemente da operadora que ele contratar, as operadoras devem se integrar de forma a oferecer a melhor

conectividade para o usuário. Ao atingir esse nível de conectividade, o usuário alcança uma enorme cobertura de rede com um ótimo serviço.

Além disso, as redes de alta densidade requerem balanceamento de carga para garantir a qualidade do serviço (QoS) [Manzoor, 2020]. Nas redes móveis de quinta geração (5G), estima-se que o tráfego tenha uma distribuição espaço-temporal de rápida mudança e desequilíbrio, assim o balanceamento de carga visa resolver esse problema transferindo o tráfego extra de uma célula de alta carga para as células ociosas vizinhas [B. Ma, 2020].

Identificada a necessidade de uma Internet ubíqua, foi desenvolvido neste trabalho um mecanismo de gerência de mobilidade para redes multi-acesso sem fio que considera a necessidade das pessoas se deslocarem, enquanto fazem uso de suas aplicações, sem perder a conexão ao longo do percurso, ainda que alternem entre diferentes redes de acesso (WiFi->Celular->WiFi). Esse mecanismo foi implementado num sistema operacional de rede (também chamado controlador de rede), utilizando o paradigma das redes definidas por software. O principal objetivo do mecanismo é tomar a decisão no momento da realização do *handover* pelo dispositivo móvel (DM), fazendo com que o sistema operacional de rede tenha controle sobre as conexões desses dispositivos. O mecanismo também evita o efeito *ping pong* nos DMs, que é a troca de rede de forma contínua por um DM prejudicando o desempenho das aplicações de rede, além disso, consegue balancear a rede realizando o *handover* de um DM para a rede menos congestionada. Como resultado foram observados intervalos de tempo regulares entre os *handovers* e uma melhor distribuição de estações entre os pontos de acessos (APs) em caso de intersecção de sinais em comparação com a escolha de rede sendo executada no DM.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento do mecanismo de gerência de mobilidade proposto.

2.1. SDN (Software Defined Networking)

O SDN é um paradigma de rede que permite o operador controlar ou programar a rede de maneira centralizada e inteligente, por meio de *softwares* que conseguem ter uma visão completa da mesma. Nela existe um sistema operacional de rede denominado de controlador, onde as decisões de quais ações os equipamentos de rede devem realizar são tomadas. Sua arquitetura é dividida em três partes ou camadas, como ilustra a Figura 1.

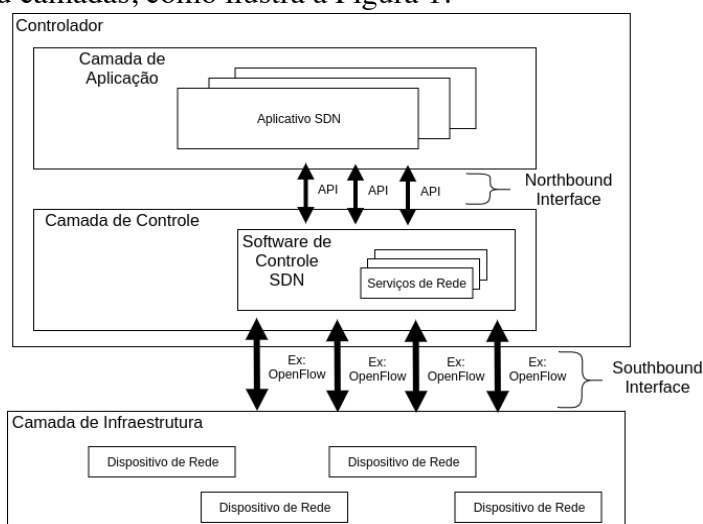


Figura 1. Arquitetura SDN.

A camada de aplicação é responsável pelos aplicativos SDN, que são programas que comunicam comportamentos e recursos necessários com o controlador SDN por meio de interfaces de programação de aplicativos (APIs). O termo usado para referir-se a essa comunicação chama-se *Northbound Interface* (Interface Norte). Além disso, os aplicativos podem criar uma visão abstrata da rede coletando informações do controlador para fins de tomada de decisão [Marlese Lessing 2019].

A camada de controle é uma entidade lógica que recebe instruções ou requisitos da camada de aplicação e os transmite aos componentes de rede. O controlador também extrai informações sobre a rede dos dispositivos de hardware e se comunica de volta com os Aplicativos SDN com uma visão abstrata da rede [Marlese Lessing 2019].

Por último, Camada de infraestrutura é responsável pelos dispositivos de rede SDN e controlam os recursos de encaminhamento e processamento de dados da rede.

2.2. OpenFlow

O uso do paradigma SDN vem ganhando a atenção de grande parte da comunidade acadêmica como também da indústria. Muita da atenção tem sido voltada para o protocolo *OpenFlow* [McKeown 2008]. O *OpenFlow* é um protocolo aberto de comunicação que atua entre o controlador e o equipamento de rede em uma arquitetura SDN, possibilitando a troca de informações que farão os equipamentos de rede serem controlados pelo controlador. Em outras palavras ele funciona como uma interface aberta para controlar remotamente a tabela de encaminhamento de equipamentos de rede como *switches*, roteadores e *access points* [Italo Valcy 2017]. Ele é um entre diversos tipos de protocolo de *Southbound Interface* (Interface Sul) e foi escolhido para o desenvolvimento do mecanismo de gerência por ser muito popular e ser amplamente adotado pelos fabricantes de equipamentos de rede nos dias atuais.

2.3. Redes celulares de quinta geração (5G)

A rede de quinta geração é uma evolução significativa das redes 4G LTE [MNS Consulting 2017], cujo principal foco é atender ao grande crescimento de dados e conectividade da sociedade, prometendo taxas significativamente mais rápidas, maior densidade de conexão, latência menor e economia de energia, etc quando comparadas às redes de gerações anteriores.

De acordo com o órgão de padrões, 3GPP, o espectro de radiofrequência usado pelas redes LTE varia de 700 MHz a 2.7GHz e as bandas de frequência para redes 5G vêm em duas faixas, sendo a faixa de frequência 1 (FR1) ou sub-6 GHz que varia de 450 MHz a 6 GHz incluindo a faixa de frequência LTE e também a faixa de frequência 2 (FR2) ou *mmWave* (ondas milimétricas) que varia de 24,25 GHz a 52,6 GHz.

No uso de ondas de rádio mais altas faz com que o alcance do sinal seja menor e torna o sinal mais suscetível a ser bloqueado por obstáculos em comparação com o LTE. Sendo assim serão necessárias redes com o raio de alcance relativamente pequeno com torres menores e mais próximas do chão e uma das outras, além de pontos de acesso menores e mais próximos dos dispositivos. Isso fará com que um usuário em movimento troque de APs (*handover*) com maior frequência precisando assim de técnicas para minimizar essa troca, fazendo com que o DM se conecte na rede que se adequa a sua necessidade.

2.4. Handover

O procedimento de *handover*, também conhecido como *handoff*, é o ato ou procedimento utilizado em redes sem fio para tratar da passagem de um usuário móvel de um AP para outro AP de forma transparente, entregando a conexão para outro ponto antes que a mesma seja interrompida. Ele pode ser dividido em dois tipos: *handover* vertical é a passagem de um DM entre duas tecnologias de redes diferentes como é o caso do WiFi e redes de celulares, enquanto o *handover* horizontal é a passagem de um DM entre redes de mesma tecnologia [Abolade 2017].

2.5. Mininet

O Mininet é um emulador de rede que cria uma rede de *hosts* virtuais, *switches*, controladores e enlaces. Os *hosts* Mininet executam o *software* de rede Linux padrão e seus *switches* suportam o protocolo OpenFlow para roteamento personalizado altamente flexível e Rede Definida por Software [Fontes 2019].

Originalmente o Mininet não suporta experimentos com redes sem fio, por isso foi criado uma extensão [Fontes 2018] para o software original denominado Mininet-Wifi. No Mininet-Wifi estações sem fio e pontos de acesso são virtualizados e os dispositivos tradicionais já presentes no Mininet também podem ser utilizados.

O Mininet-Wifi permite emular diferentes tipos de cenários de uma rede real sem dispor dos equipamentos de fato, sendo necessário apenas um computador. Isto é bastante vantajoso, principalmente pelo baixo custo, facilidade e velocidade para se testar aplicações SDN. Outra vantagem é a fácil adição de controladores SDN externos a ele, como é o caso do POX [McCauley 2015], que é o controlador utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

3. Mecanismo de gerência de mobilidade

O mecanismo de gerência de mobilidade neste trabalho foi desenvolvido como uma aplicação para o sistema operacional de rede SDN (controlador). Essa aplicação tem a função principal de tomar a decisão sobre como o *handover* de cada DM deve ocorrer, já que ela tem uma visão completa de toda a topologia da rede, tendo informações privilegiadas, como por exemplo, quantos DMs estão conectados em determinado AP, qual a vazão média da rede, etc. A Figura 2 ilustra o fluxo da tomada de decisão de *handover* da aplicação desenvolvida.

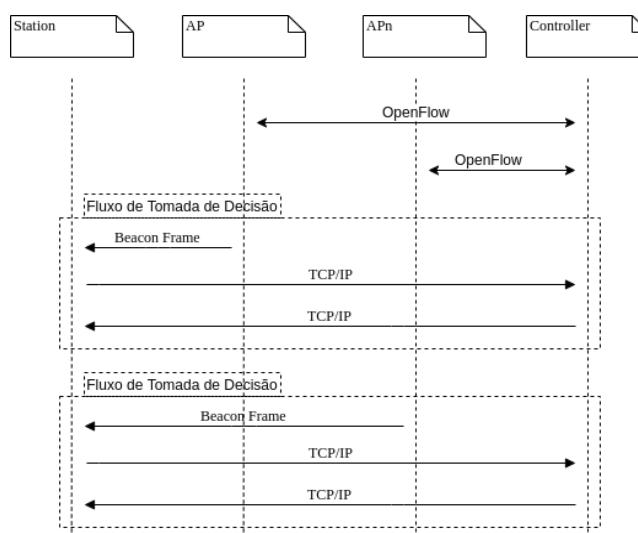


Figura 2: Fluxo de tomada de decisão de troca de rede.

Considerando a Figura 2, O controlador (*Controller*) mantém uma conexão *OpenFlow* com os APs. O DM (*Station*) recebe o *beacon frame* do AP iniciando o Fluxo de Tomada de Decisão, se o *beacon frame* não for do AP que ele está conectado, é enviado para o controlador um pacote contendo as informações do AP candidato e do AP que ele está conectado atualmente, o controlador informa para a aplicação que por sua vez toma a decisão se o *handover* deve ocorrer ou não. A aplicação envia uma mensagem de resposta com a decisão de *handover* para o controlador que por sua vez encaminha para o *DM*.

3.1. Algoritmos de Tomada de Decisão de *Handover*

Para iniciar o fluxo de tomada decisão de *handover* descrito na Figura 2, foram desenvolvidos os algoritmos ilustrados nas Tabelas 1 e 2 que são executados no DM e na aplicação que está instalada no controlador SDN respectivamente.

Tabela 1. Algoritmo de tomada de decisão de *Handover* executado no DM.

1	Loop {
2	beaconFrame <- getBeaconFrame()
3	se beaconFrame.mac != apAtual.mac {
4	enviarParaAplicacao(beaconFrame + apAtual)
5	}
6	}

Com a execução do algoritmo da Tabela 1 o DM captura o *beacon frame* enviado por algum AP dentro do seu raio de alcance (linha 2) e caso o AP seja diferente do que o DM está conectado no momento (linha 3) é iniciada a solicitação de escolha de rede para a aplicação (linha 4).

Tabela 2. Algoritmo de tomada de decisão de *Handover* executado na aplicação instalada no controlador SDN.

1	Loop {
2	handover <- getHandover()
3	infoDaRedeEmGeral <- getInfoDaRedeEmGeral()
4	redeEstaBalanceada <- redeEstaBalanceada(infoDaRedeEmGeral)
5	se redeEstaBalanceada {
6	handoverBaseadoEmQualidadeDeSinal(handover)
7	}
8	else {
9	handoverBaseadoEmBalanceatoDeCarga(handover, infoDaRedeEmGeral)
10	}
11	}

Já durante a execução do algoritmo da Tabela 2 a aplicação recebe a solicitação de escolha de rede vinda do DM (linha 2) e logo após obtém informações de todos os APs da rede (linha 3) como, por exemplo, nome e quantidade de DMs conectados. Também é possível perceber que a aplicação calcula se a rede está balanceada (linha 4) e assim decide qual algoritmo utilizar (linha

5). A rede estará balanceada quando os DMs estiverem o mais bem distribuídos entre os APs quanto possível. O cálculo de balanceamento da rede é ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3. Função de avaliação de balanceamento da rede.

1	quantAps <- getQuantAps()
2	quantTotalStations <- getQuantTotalStations()
3	minDeStationsParaCadaAp <- inteiro(quantTotalStations / quantAps)
4	se minDeStationsParaCadaAp == 0 {
5	return “Rede Balanceada”
6	}
7	para cada AP {
8	se AP.quantStations < minDeStationsParaCadaAp {
9	return “Rede não Balanceada”
10	}
11	return “Rede Balanceada” }

A função de avaliação de balanceamento da rede mostrada na Tabela 3 é executada da seguinte forma:

1. É obtida a quantidade total de APs da rede ou da área (linha 1);
2. É obtida a quantidade total de DMs da rede ou da área (linha 2);
3. É calculada a divisão inteira do total de DMs pelo total de APs para se obter o mínimo de DMs que cada AP deve ter para a rede está balanceada (linha 3);
4. Se o cálculo for igual a 0 significa que existem mais APs do DMs e para esses casos o algoritmo considera que a rede está balanceada (linhas 4, 5 e 6);
5. Então todos os APs são percorridos e se a quantidade de DMs algum deles for menor que o mínimo de DMs calculado o algoritmo retornará “Rede não balanceada” (linhas 7, 8, 9 e 10);
6. Caso contrário, retornará “Rede Balanceada” (linha 11).

Em posse dessa informação a aplicação decide qual algoritmo de decisão de *handover* terá um melhor aproveitamento na rede. Se a rede está balanceada é usado o algoritmo de escolha de rede baseado na qualidade do sinal ilustrado da Tabela 4.

Tabela 4. Algoritmo de decisão baseado na qualidade do sinal do DM.

1	se ap_novo.sinal > ap_atual.sinal {
2	“realizar handover”
3	}

Se a rede está desbalanceada é usado o algoritmo de decisão balanceador de carga de rede conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Algoritmo de decisão balanceador de carga de rede.

1	quantStationsApAtual <- ap_atual.getQuantStations()
2	quantStationsApNovo <- ap_novo.getQuantStations()
3	se (quantStationsApNovo < quantStationsApAtual) {
4	se ((quantStationsApAtual - quantStationsApNovo) > 1) {
5	“realizar handover”}
6	}

No algoritmo da Tabela 5 é obtido a quantidade de DMs conectadas ao AP que o DM atualmente está conectado (ap_atual, linha 1) e logo após o mesmo acontece para o AP que é candidato para a troca de rede (ap_novo, linha 2). Assim, caso ap_novo tenha menos DMs conectados que o ap_atual e a linha 4 que tem o objetivo de evitar o efeito *ping pong* [Ahmed 2009] seja verdadeira, é realizado o *handover*.

4. Resultados

4.1. Testbed

Como ilustra a Figura 3, foi montado um experimento num cenário dentro do ambiente Mininet-Wifi de uma rede SDN, com a emulação dos seguintes equipamentos: 3 APs WiFi em que o sinal dos 3 formam uma intersecção, um *host* que é o sistema operacional de rede ou controlador de rede (POX), um *switch* que conecta todos esses equipamentos e um DM.

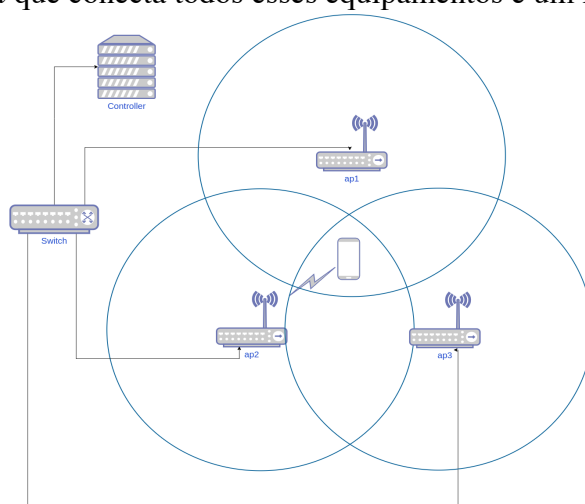


Figura 3. Topologia de rede implementada dentro do Mininet-Wifi

Foram colocados no cenário apresentado na Figura 3 três DMs conectados inicialmente ao ap1 e um conectado ao ap3, sendo eles, sta1, sta2 e sta3 para o ap1 e sta4 para o ap3, e então a sta1 foi deslocado para uma posição dentro da intersecção dos 3 APs, recebendo mensagens *beacon frames* dos 3 APs como ilustrado na Figura 4.

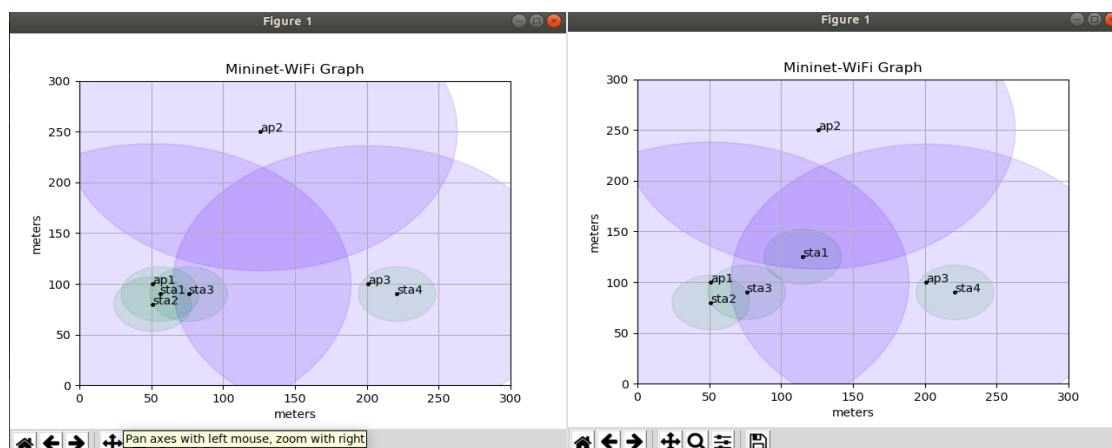


Figura 4: Cenário mostrado pela ferramenta plotGraph do Mininet-Wifi antes e depois de mover o sta1.

Para demonstrar como a aplicação faz a mudança de algoritmo de escolha de rede conforme a necessidade da rede, foi ignorado o efeito *ping pong* [Ahmed 2009].

Como mostrado na Figura 5 o sta1 se conectou no ap2 mesmo estando mais distante que o ap1 e o ap3, pois foi utilizado o algoritmo de balanceamento de carga (Tabela 5). logo depois, foi utilizado o algoritmo baseado em qualidade de sinal (Tabela 4) para fazer o sta1 se conectar ao ap3 e novamente o algoritmo baseado em balanceamento de carga para fazer o sta1 se conectar ao ap2.

```
"Node: sta1"
Sent 1 packets.
Old Access Point MAC: 00:00:00:00:00:01 with SSID: handover1 with signal: -52
New Access Point MAC: 00:00:00:00:00:02 with SSID: handover2 with signal: -89
*
Sent 1 packets.
*
Sent 1 packets.
*
Sent 1 packets.
Old Access Point MAC: 00:00:00:00:00:02 with SSID: handover2 with signal: -89
New Access Point MAC: 00:00:00:00:00:03 with SSID: handover3 with signal: -84
*
Sent 1 packets.
*
Sent 1 packets.
*
Sent 1 packets.
Old Access Point MAC: 00:00:00:00:00:03 with SSID: handover3 with signal: -84
New Access Point MAC: 00:00:00:00:00:02 with SSID: handover2 with signal: -89
*
Sent 1 packets.
*
Sent 1 packets.
```

Figura 5: Terminal do DM sta1 mostrando as conexões realizadas.

Também foram colocadas 50 estações dentro da área de intersecção de sinal dos três APs. Este experimento teve por objetivo comparar os efeitos do balanceamento de carga do mecanismo proposto em relação ao algoritmo padrão que usa a qualidade de sinal para realizar um *handover*. Como resultado foi possível observar, como mostra a Figura 6, que quando a distribuição das estações é bem distribuída dentro da intersecção, não é observada uma diferença relevante na distribuição de carga entre os APs.

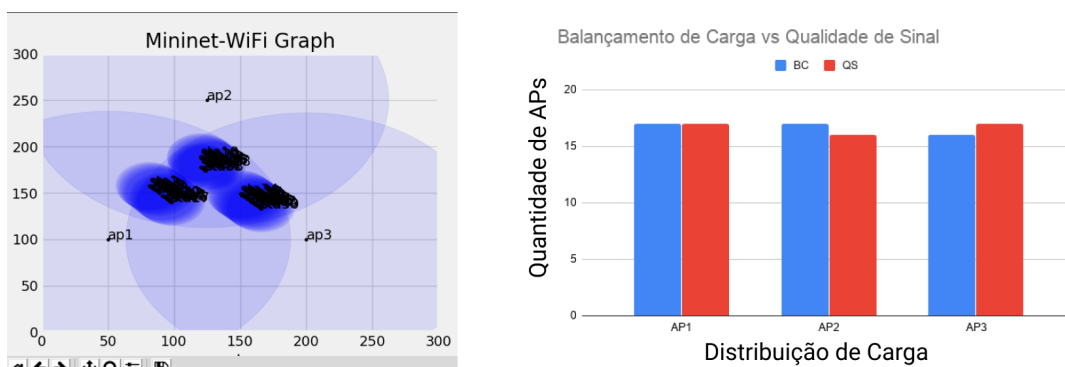


Figura 6: Mininet-Wifi com 50 estações bem distribuídas dentro da área de intersecção e gráfico de comparação entre a distribuição de carga do mecanismo proposto com o handover baseado em qualidade de sinal.

No entanto quando a distribuição das estações tende a ser mais próxima de um dos APs, a diferença na distribuição de carga se torna relevante como mostra a Figura 7, tendo uma distribuição mais justa o mecanismo proposto.

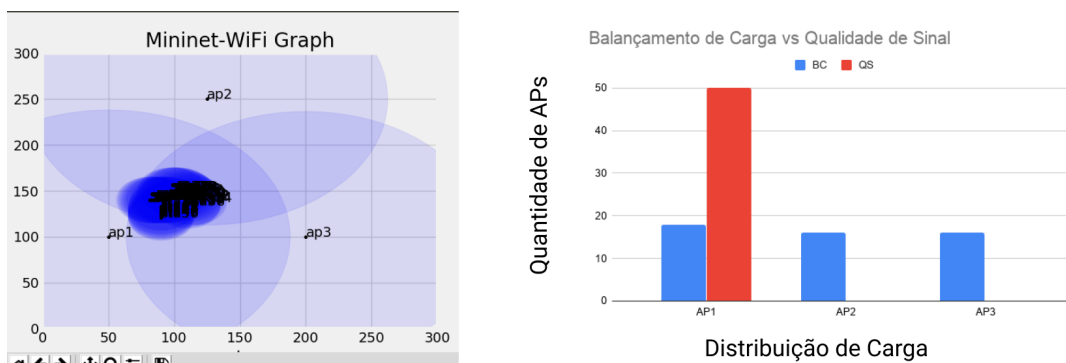


Figura 7: Mininet-Wifi com 50 estações dentro da área de intersecção e com uma concentração próxima ao AP1 e gráfico de comparação entre a distribuição de carga do mecanismo proposto com o handover baseado em qualidade de sinal.

5. Conclusões

O mecanismo de gerência de mobilidade apresentado propõe uma nova forma de como os DMs realizam o *handover*, podendo assim tendenciar-las a se conectarem nos APs com melhores condições analisando a rede em sua totalidade. Essa se torna uma proposta interessante quando inserido no contexto das rede 5Gs, já que as mesmas precisarão lidar com um número maior de *handovers*.

Todos os testes exibidos neste trabalho foram feitos em uma única máquina usando o Mininet-Wifi, o que faz com que ainda sejam necessários testes em cenários reais, principalmente na análise da latência, mas com os altos padrões de latência das redes 5Gs, a proposta desse trabalho se mostra promissora. Como uma nova implementação desse mecanismo num cenário de rede real, pretende-se testar novos algoritmos de decisão e fazer uma integração com vários controladores SDN.

6. Referências

- D. Kreutz, F. M. V. Ramos, P. E. Verissimo, C. E. Rothenberg, S. Azodolmolky, and S. Uhlig, "Software-defined Networking: A Comprehensive Survey," *Proceedings of the IEEE*, vol. 103, no. 1, pp. 14–76, 2015.
- O. T. Eluwole, N. Udoh, M. Ojo, C. Okoro, and A. J. Akinyoade, "From 1G to 5G, what next?," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 45, no. 3, pp. 413–434, 2018.
- McKeown, N.; Anderson, T.; Balakrishnan, H.; Parulkar, G.; Peterson, L.; Rexford, J.; Shenker, S. & Turner, J. OpenFlow: enabling innovation in campus networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, ACM, **2008**, 38, 69-74
- Guedes, D.; Vieira, L.; Vieira, M.; Rodrigues, H. & Nunes, R. 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*, **2012**, 30, 160-210.
- ONF Solution Brief, "OpenFlow-Enabled Mobile and Wireless Networks", September 2013
- Kurose, J; Ross, K. *Computer Networking: A TOP-DOWN APPROACH*. 7 ed. Pearson, 2017
- Fontes, R. D. R. (2018). Mininet-WiFi: emulation platform for software-defined wireless networks= Mininet-WiFi: plataforma de emulação para redes sem fio definidas por software.

- Abolade, Jeremiah & A., Fakolujo & Orimogunje, Abidemi. (2017). Handover in Mobile Wireless Communication Network - A Review. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*. 3. 934-940. 10.24001/ijaems.3.9.6.
- Ahmed, Mahdi & Ahmad,. (2009). Minimizing Handoff Ping-Pong Effect in 802.11 Data Networks Using Differential RSS and Extrapolation. *journal of science and technology*. 14.
- Silva, Anderson & Giozza, William & Salgueiro, Edilayne & Salgueiro, Ricardo & Silva, Sávio. (2016). Um Algoritmo de Decisão de Handover Baseado em QoS e Autonomia Energética. 10.14209/sbrt.2016.214.
- Fontes, Ramon & Esteve Rothenberg, Christian. (2019). Mininet-WiFi: Plataforma de Emulação para Redes sem Fio Definidas por Software. 201-208. 10.5753/sbrc_estendido.2019.7788.
- MNS Consulting. 5G TECHNOLOGY: MOBILE NETWORK EVOLUTION. <http://mns-consulting.com/wp-content/uploads/2017/10/MNS-5G-Technology-whitepaper.pdf>. acessado em: 02 NOV. 2018.
- Luis Henrique M. K. Costa et al. Redes Definidas por Software. 2018. <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2018-1/trabalhos-vf/sdn/>. acessado em: 22 JAN. 2019.
- Italo Valcy. Aula 01 – Conceitos básicos e visão geral de OpenFlow/SDN. 2017. <https://docplayer.com.br/81697894-Aula-01-conceitos-basicos-e-visao-geral-de-openflow-sdn.html>. Acessado em: 15 JAN. 2019.
- McCauley te al. Install POX - POX manual current documentation. 2015. <https://noxrepo.github.io/pox-doc/html/#how-can-i-use-pox-with-mininet>. Acessado em : 29 NOV. 2018.
- Marlese Lessing. Understanding the SDN Architecture - SDN Control Plane & SDN Data Plane. 2019. <https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/inside-sdn-architecture/>. Acessado em: 20 SET. 2019.
- Manzoor, Sohaib & Chen, Ze & Gao, Yuyu & Hei, Xiaojun & Cheng, Wenqing. (2020). Towards QoS-Aware Load Balancing for High Density Software Defined Wi-Fi Networks. *IEEE Access*. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2020.3004772.
- B. Ma, B. Yang, Y. Zhu and J. Zhang, "Context-Aware Proactive 5G Load Balancing and Optimization for Urban Areas," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 8405-8417, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2964562.