

Implementação de um Ambiente 5G com Recursos de Código Aberto

Lucas Medeiros, Isabely Matos, Vinícius Vieira, Rilbert Lima, Suzete Correia, Michel Dias

Resumo— Este trabalho apresenta a implementação de uma rede móvel 5G usando os ambientes de simulação de código aberto Open5Gs e o UERANSIM. Os resultados mostram que as taxas de transferência de dados em média obtiveram os valores de 28,98 Mbytes no Uplink e 30,11 Mbytes no Downlink.

Palavras-Chave— Rede Móvel, 5G, Open5Gs, UERANSIM.

Abstract— This work presents the implementation of a 5G mobile network using the open-source simulation environments Open5Gs and UERANSIM. The results show that data transfer rates on average reached values of 28.98 Mbytes in the Uplink and 30.11 Mbytes in the Downlink.

Keywords— Mobile Network, 5G, Open5Gs, UERANSIM.

I. INTRODUÇÃO

A quinta geração das redes de comunicação móvel celular, ou 5G emerge como uma revolução tecnológica que promete transformar a maneira como se interage com o mundo digital. Com velocidades de transmissão de dados ultrarrápidas, menor latência e maior capacidade de conexão de dispositivos, o 5G apresenta um vasto espectro de potencialidades que vão desde a automação industrial até a realidade virtual em tempo real [1].

Softwares especializados podem ser empregados para modelar e analisar o desempenho das redes 5G, com foco nos componentes que lidam com roteamento de dados, gerenciamento de sessões e controle de políticas. Essas simulações são cruciais para compreender o comportamento das redes da quinta geração sob diversas condições, otimizar o seu desempenho e garantir a interoperabilidade entre os diferentes elementos [2 - 4].

O Open5GS é uma ferramenta de código aberto de um núcleo de rede 5G (5GC), e engloba componentes essenciais do 5GC, tais como o Access and Mobility Management Function (AMF), que gerencia a mobilidade e a conexão dos dispositivos e o User Plane Function (UPF), que manipula o tráfego de dados entre os usuários e a rede [5]. A sua arquitetura modular permite a adaptação a diferentes cenários de implementação, suportando a evolução contínua das redes 5G, tornando-o um recurso valioso para fins de pesquisa e experimentos em tempo real. Recentemente, trabalhos vêm sendo desenvolvidos para avaliar o desempenho de redes privadas de comunicação móvel celular, empregando o Open5Gs [3, 4]

Lucas Medeiros, Isabely Matos, Vinícius Vieira, Rilbert Lima, Suzete Correia, Michel Dias, Programa de Ensino Tutorial (PET), Instituto Federal da Paraíba (IFPB), João Pessoa-PB, carneiro.lucas@academico.ifpb.edu.br, matos.isabely@academico.ifpb.edu.br, vinicius.wanderley@academico.ifpb.edu.br, rilbert.lima@gmail.com, suzete@ifpb.edu.br, michel.dias@ifpb.edu.br.

Para emular os componentes da rede de acesso (RAN – Radio Access Network) facilitando a avaliação de funcionalidades, desempenho e interoperabilidade de toda a rede 5G, pode ser usado o software de código aberto UERANSIM [6]. Em conjunto com o Open5GS, o UERANSIM possibilita a criação de um ambiente completo de testes, permitindo a simulação de múltiplos equipamentos de usuário (UE - User Equipment) e estações rádio base (gNB), de forma controlada e replicável. Essa combinação é especialmente útil para pesquisadores que buscam testar novas funcionalidades ou configurar redes 5G em ambientes de laboratório antes de implementações reais [7].

Neste trabalho, uma rede 5G foi implementada usando o Open5GS como núcleo e o UERANSIM para simular a rede de acesso. Dois testes de desempenho foram realizados: a conectividade e a taxa de transferência de dados entre o UE e o núcleo da rede.

II. METODOLOGIA

A Fig. 1, ilustra o diagrama da infraestrutura do ambiente de rede implementado. O equipamento do usuário se comunica com a gNB, por meio da Distributed Unit (DU). Nesse processo, o UERANSIM realiza o procedimento de autenticação que vem da unidade de rádio e encaminha para a DU. Em seguida, a gNB realiza a comunicação com o núcleo Open5GS por meio da Centralized Unit (CU). O AMF realiza o gerenciamento do registro e autenticação do UE e o UPF faz o gerenciamento do tráfego do usuário e fluxo de dados permitindo a comunicação com a rede externa.

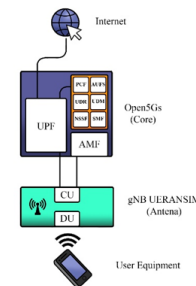


Fig. 1: Diagrama do ambiente de rede 5G

Para a configuração da rede, utilizou-se uma máquina virtual com as especificações de 2vCPU, 4GB de RAM e um armazenamento de 50GB, com o sistema operacional Linux 22 LTS, junto com Git 2.25.1, GNU WGet, GNU nano 4.8, e CMake 3.20. A instalação do Open5GS e UERANSIM seguiu as etapas disponibilizadas em [8]. Por fim, instalou-se a interface

de usuário web do OPEN5GS, que permite adicionar e editar informações de assinantes, monitorar tráfego de dados, ajustar configurações de rede e segurança, verificar eventos do sistema e controlar o acesso à rede.

A configuração do ambiente 5G foi feita com toda a infraestrutura em uma única máquina virtual. No Open5GS, o encaminhamento de rotas foi liberado, com AMF e UPF configurados para localhost. No UERANSIM, a configuração já estava pré-definida, não necessitando ajustes adicionais.

Para estabelecer a conexão entre o equipamento do usuário e o núcleo da rede, são necessárias as especificações de SUPI, MCC, MNC, Key, OP, OpType e AMF. O SUPI (Subscription Permanent Identifier) é um identificador único associado à assinatura do usuário. MCC (Mobile Country Code) e MNC (Mobile Network Code) identificam o país e a rede móvel, respectivamente. A Key é utilizada para autenticação e segurança, enquanto OP e OpType identificam o operador e seu tipo. Esses dados são encontrados no arquivo de configuração do UERANSIM.

A configuração dos parâmetros no Open5GS é realizada através de uma interface gráfica acessível pelo localhost. Após o cadastro virtual do UE, são montadas simulações construindo o gNB e o equipamento de usuário em terminais distintos. Testes de conectividade à internet foram realizados com o comando ping, e a taxa de transferência de dados foi medida com o iperf. Por ser um simulador de conectividade de rede 5G, a comunicação entre os dispositivos conectados na mesma rede emprega um canal de transmissão virtual.

III. RESULTADOS

Durante o teste de conectividade, diversos tipos de redes externas foram acessadas utilizando o ping, sem demonstrar qualquer instabilidade. Na Fig. 2, é apresentado o resultado do ping feito a partir do equipamento de usuário até a página de um dos servidores do Google, apontando que houve tráfego entre o UE e o google.com. O valor de RTT (tempo de ida e volta) ficou em torno de 61ms, porque a interface aérea nesse caso não é individualizada, sendo considerado atrasos durante a transmissão pela internet.

```

root@uesintun0:~# ping -I uesintun0 google.com
PING google.com (142.250.219.14) de 18.45.8.2: seq=0: 56(84) bytes of data
64 bytes de gru14s27-ln-f14-1e108.net (142.250.219.14): icmp_seq=1 ttl=53 tempo=60.2 ms
64 bytes de gru14s27-ln-f14-1e108.net (142.250.219.14): icmp_seq=2 ttl=53 tempo=62.6 ms
64 bytes de gru14s27-ln-f14-1e108.net (142.250.219.14): icmp_seq=3 ttl=53 tempo=62.6 ms
64 bytes de gru14s27-ln-f14-1e108.net (142.250.219.14): icmp_seq=4 ttl=53 tempo=60.3 ms
64 bytes de gru14s27-ln-f14-1e108.net (142.250.219.14): icmp_seq=5 ttl=53 tempo=60.3 ms
^C
--- google.com estatísticas de ping ---
5 pacotes transmitidos, 5 recebidos, 0% perda de pacote, tempo 408ms
rtt min/máx/med < 60.177/61.173/62.620/1.159 ms
    
```

Fig. 2: Comunicação do Equipamento de Usuário com a Internet

Para medir a taxa de transferência de dados, foram exportados os arquivos de históricos do iperf, da conexão entre o núcleo e o UE. As Figs. 3 e 4, apresentam os resultados das taxas de transferências de uplink e donwlink, respectivamente, para uma duração de 1000 segundos.

IV. CONCLUSÕES

Esse trabalho descreveu a implementação de uma rede móvel 5G, baseada no uso de recursos de código aberto. Foram realizados testes de conectividade e medições de transmissão de dados. Não houve interrupção de rede, sendo possível

acessar a Internet com taxas de transmissão de dados, potencialmente na faixa de megabytes por segundo (MBytes).

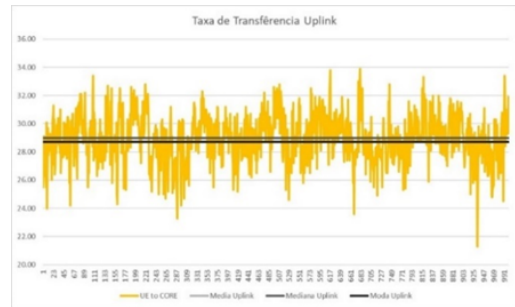


Fig. 3: Medição da Taxa de Transferência Uplink em amarelo com sua média em cinza claro, mediana em cinza e moda em preto.

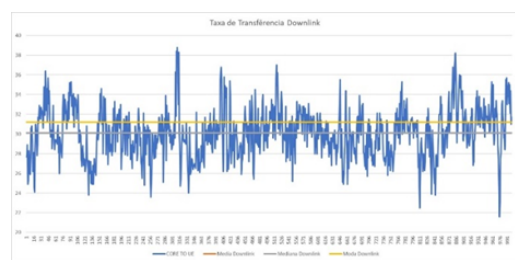


Fig. 4: Medição da Taxa de Transferência Downlink em azul com sua média em laranja, moda em amarelo e mediana em cinza.

No entanto, os resultados foram limitados pelo hardware disponível, especialmente pela quantidade de vCPU e RAM das máquinas virtuais. Desempenhos superiores podem ser obtidos com um sistema virtualizado mais poderoso.

V. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Ensino Tutorial (PET) e ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Attaran, M. The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *J Ambient Intell Human Comput* 14, 5977–5993 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02521-x>
- [2] Condoluci, M., Mahmoodi, T., “Softwarization and virtualization in 5G mobile networks: Benefits, trends and challenges. *Computer Networks*”, vol. 146, no. 1, pp. 65-84, 2022, doi: 10.1016/j.comnet.2018.09.005.
- [3] C. S. Choudhari, R. A. Patil and S. Saraf, “Deployment of 5G Core for 5G Private Networks” 2022 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech), Pune, India, in IEEE, pp. 1-6, November 2022, doi: 10.1109/I4Tech55392.2022.9952900.
- [4] Chepkoech, Maurine & Mombeshora, Ngoni & Malila, Bessie & Mwangama, Joyce. “Evaluation of Open-Source Mobile Network Software Stacks: A Guide to Low-cost Deployment of 5G Testbeds”, 2023 18th Wireless On-Demand Network Systems and Services Conference (WONS), pp. 56-63, January 2023, doi: 10.23919/WONS57325.2023.10061896.
- [5] Open5GS. (2023). Open5GS: Open-Source Project of 5GC and EPC. [Online]. Available: <https://open5gs.org>. [Accessed: 09-May-2024].
- [6] UERANSIM. “UERANSIM”, 2022, Acessível em: <https://github.com/aligungr/UERANSIM>.
- [7] L. Mamushiane et al., “Towards Stress Testing Open5GS Core (UPF Node) On A 5G Standalone Testbed,” 2023 IEEE AFRICON, Nairobi, Kenya, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/AFRICON55910.2023.10293284.
- [8] PALENIK, R. “Setting up Open5GS: A step-by-step guide – networks”, 2023, Acessível em: <https://medium.com/networkers-fiit-stu/setting-up-open5gs-a-step-by-step-guide-or-how-we-set-up-our-lab-environment-5da1c8db0439>.