

Infraestrutura de Orquestração para o Núcleo 5G: Um experimento embrionário visando as redes 6G

Thiago G. Tavares^{1,2}, George Alexandro F. Barbosa¹, Kleber V. Cardoso¹,
Antonio Oliveira Jr^{1,3}

¹Instituto de Informática (INF) – Universidade Federal do Goiás (UFG)
Alameda Palmeiras, Quadra D, Câmpus Samambaia
74.69-900 – Goiânia – GO – Brasil

²Instituto Federal do Tocantins (IFTO) Campus Palmas
Quadra Ae 310 Sul Avenida Ns 10 S/N - Plano Diretor Sul,
Palmas - TO, 77021-090

³Fraunhofer Portugal AICOS
Porto, Portugal

thiagogmta@ifto.edu.br, georgebarbosa, kleber, antonio@inf.ufrgs.br

Abstract. *5G networks face the challenge of aggregating different technologies to enable their operation such as: containers; micro services; virtualized functions (VNF), network slicing and virtualization of network equipment. A current issue regarding the topic is about the management of these technologies and core orchestration. Our proposal is to demonstrate the orchestration of the virtualized functions of the 5G core. This embryonic experiment will serve as a basis for understanding the orchestration demands for 6G networks. A Rancher-based infrastructure with K3s was used to carry out the experiment.*

Resumo. *As redes 5G enfrentam um desafio de agregar diversas tecnologias para viabilizar seu funcionamento como: contêineres; micro serviços; funções virtualizadas (VNF), fatiamento de rede e virtualização dos equipamentos da rede. Uma questão atual em relação ao tema é sobre a gestão dessas tecnologias e orquestração do núcleo. Nossa proposta é demonstrar a orquestração das funções virtualizadas do núcleo 5G. Esse experimento embrionário servirá de base para compreender as demandas de orquestração para as redes 6G. Foi utilizada uma infraestrutura baseada em Rancher com K3s ao para realização do experimento.*

1. Introdução

A quinta versão das redes móveis apresenta mudanças significativas em toda sua arquitetura e seu projeto é especificado pela 3GPP (3rd Generation Partnership Project). O sistema 5G tem em sua estrutura um componente chamado 5GC (5G Core). As novas especificações descritas pelo 3GPP, trazem a Arquitetura Baseada em Serviços (*Service Based Architecture* - SBA) e seus elementos distribuídos em Funções de Redes Virtualizadas (*Network Function Virtualization* - NFV). Estas funções são interligadas por interfaces baseadas em API e utilizam o protocolo http para comunicação entre as demais funções de redes do 5GC.

A alocação do 5GC flexível, permite disponibilizá-lo bem mais próximo do usuário final através da *Radio Access Network* (RAN), assim, reduzindo as falhas e atrasos em diferentes ambientes de tráfego de dados.

Destaca-se como problemática a dificuldade no gerenciamento do ecossistema de funções, virtualização, contêineres e microsserviços para o funcionamento do núcleo 5G. Além da complexidade na comunicação entre várias redes e diferentes núcleos simultaneamente [Salhab et al. 2019].

Com base nesse contexto, o trabalho busca criar uma infraestrutura baseada em kubernetes (k8s) que possibilite a orquestração das funções do núcleo 5G. O objetivo é criar um ambiente local que atenda os requisitos e as especificações de infraestrutura demandadas pelo Núcleo 5G. Utilizamos o K3s como orquestrador em conjunto com o Rancher como interface de gerenciamento. Para o núcleo utilizou-se o free5GC.

2. Redes Móveis de Telecomunicação

O 5G prevê melhorias tecnológicas como baixíssima latência, permitindo a comunicação estável e instantânea entre os elos da rede. Além das melhorias em latência, a nova versão apresenta mudanças no modelo de prestação e consumo de serviços [Rommer et al. 2019]. As projeções das redes 6G partem da premissa do maior aprimoramento dos sistemas de comunicações atuais, aumento da qualidade de serviços e maior capacidade de absorção de dados.

Várias tecnologias são necessárias para fomentar o funcionamento do núcleo 5G. Sistemas de virtualização, contêineres e microsserviços são de extrema importância nesse contexto. Essas tecnologias permitem que a rede seja amplamente programável, se expanda com flexibilidade e seja escalável [Rommer et al. 2019].

A crescente demanda por comunicação através das redes sem fio exige conectividade altamente confiável. Para permitir o processamento de banda avançado é necessário abordagens de Virtualização de Funções de Rede. Entretanto, problemas como gerenciamento e orquestração dos recursos intrinsecam o processo [Abdelwahab et al. 2016].

Um dos indicadores da performance das redes 5G é o tempo de implantação que deve ser baixo. Através da orquestração é possível o controle e gerenciamento de cada elemento implementado. Em uma infraestrutura real a eficiência pode ser medida pelo tempo de implantação geral do serviço [Chirivella-Perez et al. 2018].

O Kubernetes vem sendo adotado como principal ferramenta para orquestração de contêineres. Porém a tecnologia de orquestração ainda precisa evoluir para entregar resultados ideais [Chun et al. 2019].

Apesar dos recentes avanços em relação ao 5G, diversos estudos já miram na sua próxima versão. Necessidades das redes IoE (*Internet of Everything*) como capacidade computacional ubíqua e alta taxa de dados em mobilidade que as redes de quinta geração não são capazes de atender. As redes 6G proverão suporte a diferentes meios de comunicação (terrestres e não terrestres) assim aumentando a cobertura de sinal. Divergente das demais gerações anteriores, será utilizado técnicas de inteligência artificial para resolver problemas e otimizar a conectividade [Alsabah et al. 2021].

Os requisitos para evolução das redes de dados móveis esperados são: a confia-

bilidade, redução de latência, minimização do atraso em comunicação fim-a-fim e maior taxa de tráfego em torno de 100 Gbps. [Alsabah et al. 2021].

É evidente a alta complexidade para gerenciamento das redes 6G, tanto para sua manutenção quanto para adesão de outros paradigmas como: IA, blockchain, VR/RA, M2M, MIMO Massivo, O-RAN e entre outros [Han et al. 2021]. Será necessário integração de várias tecnologias, agregação de vários meios de acesso, atendimento aos múltiplos fluxos de dados simultâneos e gerenciamento de recursos para atender as SLAs [Lima et al. 2021].

A quinta geração de Rádios no contexto de Rede de Acesso (RAN), possibilitam um conjunto de gNBs conectados ao Core 5G por meio de interface NG. Ainda a possibilidade de conexão através de interface Xn.

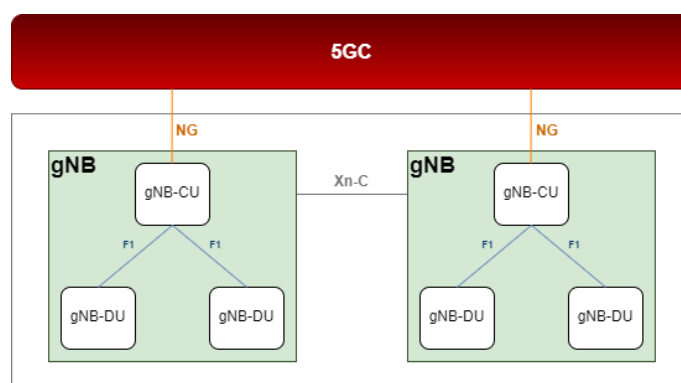


Figure 1. Overview NG RAN

Podemos observar através do "Overview NG RAN" que um gNB pode consistir em um gNB Central (gNB-CU) e um ou mais gNB Unidade de Distribuição (gNB-DU). Uma gNB-CU e as unidades gNB-DU estão conectadas à interface lógica F1. Um gNB-DU está conectado a apenas um gNB-CU.

3. Infraestrutura do Experimento

Para infraestrutura foi utilizado o K3s que é uma distribuição do Kubernetes. O k3s é empacotado em um único binário que reduz as dependências e oferece uma distribuição mais compacta e leve. A decisão de adoção do k3s em detrimento do k8s foi tomada para fomentar a infraestrutura inicial. O k3s mostra-se uma infraestrutura eficiente, ágil e com facilitador da integração com o Rancher. O Rancher foi utilizado como interface de gestão do cluster. Utilizou-se o projeto **Towards5GS-helm**, projeto *open source* que visa a criação de um *deploy* para o núcleo do 5G em ambiente Kubernetes através de *Charts Helm* [Orange-OpenSource 2022].

É imprescindível que os requisitos do free5gc sejam atendidos e podem ser observados no repositório do Towards5GS-helm. Segundo o Projeto Free5GC há uma ordem de prioridade de *deployment* das Funções de Rede do Core 5G. Caso as NFs sejam iniciadas manualmente a ordem abaixo deve ser seguida:

NRF → UDR → UDM → AUSF → NSSF → AMF → PCF → UPF → SMF → N3IWF

O *Cluster* foi criado com um *Master Node* e 4 *Worker Nodes*. Em termos de recursos cada nó possui dois núcleos de processamento, 4gb de memória ram e 30gb de armazenamento. Foi criado um *playbook Ansible* que realiza o download de uma *ISO* do *Ubuntu Server* com instruções para que seja instalada em um ambiente *VMWare*. A partir desse *template* outro *playbook Ansible* provisiona as máquinas do *cluster* com as especificações necessárias apresentadas no capítulo anterior.

Após a criação das VMs foi utilizado o *Rancher* como interface controladora do *cluster* que é operando em cima do *K3s*. Através do *Rancher* é possível selecionar as características do *Node*. Cada *Worker Node* foi criado via interface *Rancher* através de um contêiner.

Após implantação da infraestrutura e criação dos *Nodes* utilizou-se o *chart* do repositório *Towares5GS-helm*:

```
$ helm repo add towards5Gs 'https://raw.githubusercontent.com/Orange-OpenSource/towards5Gs-helm/main/repo/'
→ com/Orange-OpenSource/towards5Gs-helm/main/repo/'
$ helm repo update
$ helm -n free5Gc install free5Gc
```

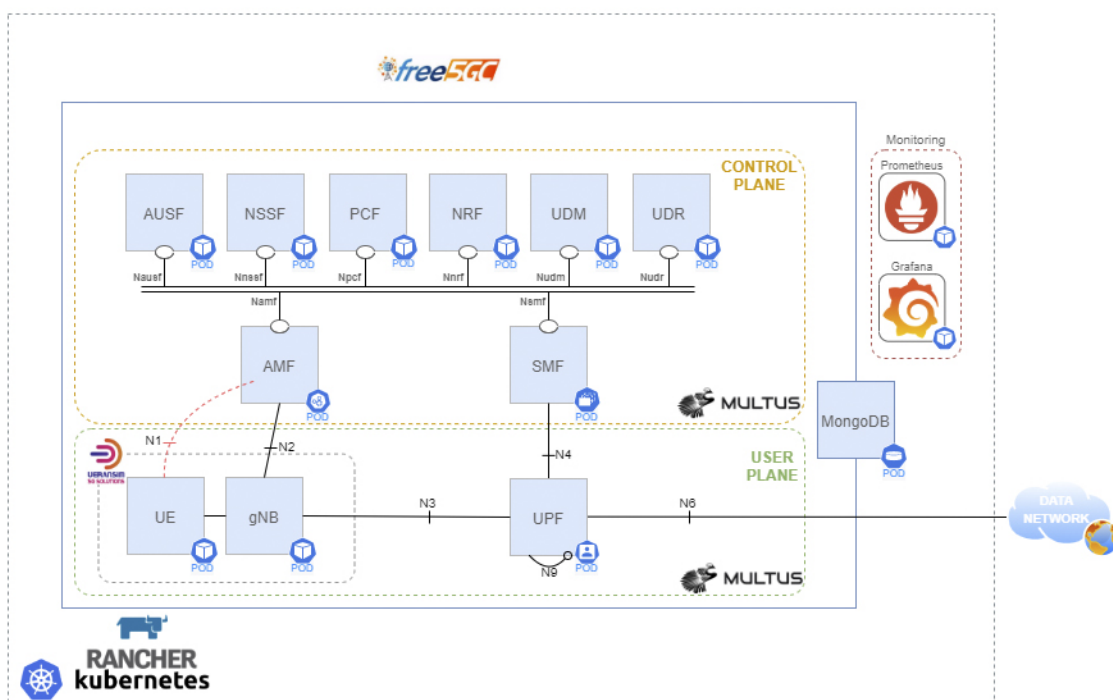


Figure 2. Infraestrutura com Rancher

A figura 2 ilustra a infraestrutura implementada. O Cluster Kubernetes gerenciado pelo provisionador *Rancher*, recebeu o deployment de *chart Helm* do projeto *Free5GC*, posteriormente foi integrada interface virtuais com *CNI Multus* e toda essa infraestrutura contou com o suporte de *storage persistente* utilizando *MongoDB*. Adicionado um módulo de monitoramento com *Prometheus* e *Grafana* para análise de métricas das *NFVs*.

4. Resultados

A implantação do *Core 5G* e suas respectivas NFs virtualizadas é altamente compatível com a proposta baseada em *cluster* Kubernetes. A ferramenta de orquestração otimizou o processo de construção das funções baseadas em imagens containerizadas, a fim de agilizar a implantação do núcleo 5G.

Na fase de implementação da Rede de Acesso (*ueransim*), também virtualizada, foi configurado *User Equipment* para acessar gNB, descrito na Figura 3, e assim providenciar a tratativa do processo Sessão PDU para estabelecimento de conexão com rede de dados através da 5GC. Podemos observar na figura 3.

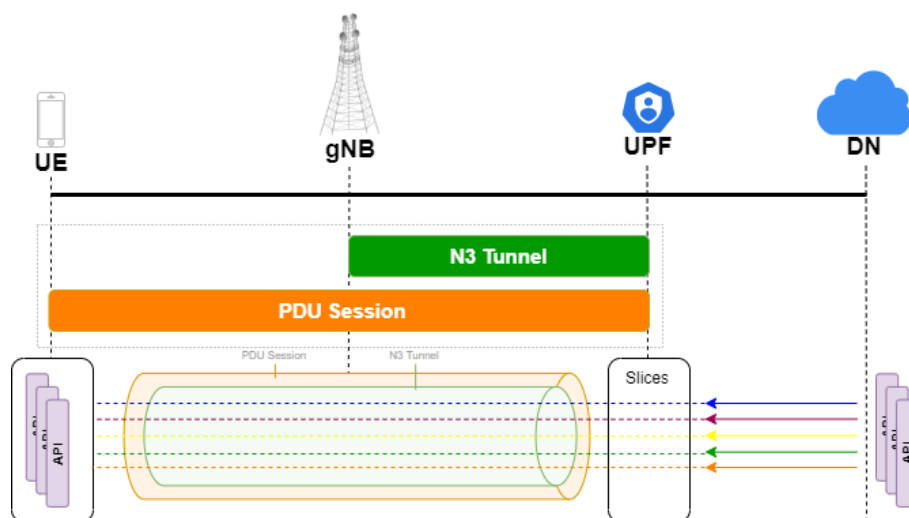


Figure 3. Estabelecimento de Sessão PDU

Encapsulamento de túnel de interface N3, promovido anteriormente pela envio de contexto UE e autorização de início de Sessão PDU, comportando *Slices* oriundo de *Data Network* possibilitando uma conexão mais segura entre plano de usuário (UPF) e usuário final (UE) através do gNB.

Após implantação da infraestrutura do 5GC juntamente com Rede de Acesso para testes de conectividade, iniciando na sinalização de *Slice Network* e finalizando com autorização de acesso a *Data Network*. Foi analisado os *logs* de eventos de cada NFV para a compreensão do comportamento das funções de rede do 5GC e algumas especificidades apresentadas.

5. Conclusões

Para criação de uma infraestrutura suportável ao 5GC e implantação de uma Rede de Acesso (RAN). Foi imprescindível atender requisitos operacionais e de personalização de módulo para comunicação de função de rede UPF. Incrementação de interface de comunicação entre contêineres e criação de volumes para suporte a infraestrutura de microsserviços [Labora-Inf 2021].

O processo foi inicialmente demorado. Contudo, aplicação de tecnologias para automatização (Ansible) e encapsulamento de código (Helm) viabilizaram o processo.

A implementação do gerenciador de provisionamento de *cluster* kubernetes (Rancher), facilitou a gestão, análise de logs, configuração e tomada de decisões.

O trabalho demanda avanços para aprimoramentos. Visualizamos como próximo passo adaptar um *exporter* de métricas das funções do núcleo para o *prometheus* para coleta de pacotes específicos do 5GC como: Requisições, estado de conexão, dados de registro, dados de sinalização, *slice network* e PDU Session. Essa coleta de métricas possibilitará outras observações no que tange otimização de recursos, escalonamento, tratamento da conexão fim-a-fim e aplicação de inteligência a rede.

Por fim, as redes 6G ainda estão em etapa de discussão sobre seus parâmetros, requisitos e tecnologias que podem ser agregadas. Entretanto, atualmente temos modelos de arquitetura em fase de design para atender indicadores de desempenho não suportados em redes 5G.

References

- Abdelwahab, S., Hamdaoui, B., Guizani, M., and Znati, T. (2016). Network function virtualization in 5g. *IEEE Communications Magazine*, 54(4):84–91.
- Alsabah, M., Naser, M. A., Mahmmoud, B. M., Abdulhussain, S. H., Eissa, M. R., Al-Baidhani, A., Noordin, N. K., Sait, S. M., Al-Utaibi, K. A., and Hashim, F. (2021). 6g wireless communications networks: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 9:148191–148243.
- Chirivella-Perez, E., Calero, J. M. A., Wang, Q., and Gutiérrez-Aguado, J. (2018). Orchestration architecture for automatic deployment of 5g services from bare metal in mobile edge computing infrastructure. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.
- Chun, B., Ha, J., Oh, S., Cho, H., and Jeong, M. (2019). Kubernetes enhancement for 5g nfv infrastructure. In *2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, pages 1327–1329.
- Han, B., Jiang, W., Habibi, M. A., and Schotten, H. D. (2021). An abstracted survey on 6g: Drivers, requirements, efforts, and enablers. *arXiv preprint arXiv:2101.01062*.
- Labora-Inf (2021). First template 5g. https://github.com/LABORA-INF-UFG/5G_core_basic.
- Lima, H., Silva, R., Both, C., Oliveira-Jr, A., Cardoso, K., and Corrêa, S. (2021). Orquestração inteligente de network slicing: Revisão da literatura e prospecção para redes 6g. In *Anais do I Workshop de Redes 6G*, pages 19–24, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Orange-OpenSource (2022). Towards5gs-helm. <https://github.com/Orange-OpenSource/towards5gs-helm>.
- Rommer, S., Hedman, P., Olsson, M., Frid, L., Sultana, S., and Mulligan, C. (2019). *5G Core Networks: Powering Digitalization*. Academic Press.
- Salhab, N., Rahim, R., and Langar, R. (2019). Nfv orchestration platform for 5g over on-the-fly provisioned infrastructure. In *IEEE INFOCOM 2019-IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*, pages 971–972. IEEE.