

Introdução à ambientes de experimentação 5G

Antônio Marcos da Silva Junior
Leonardo Azalim de Oliveira
Mariana Siano Pinto

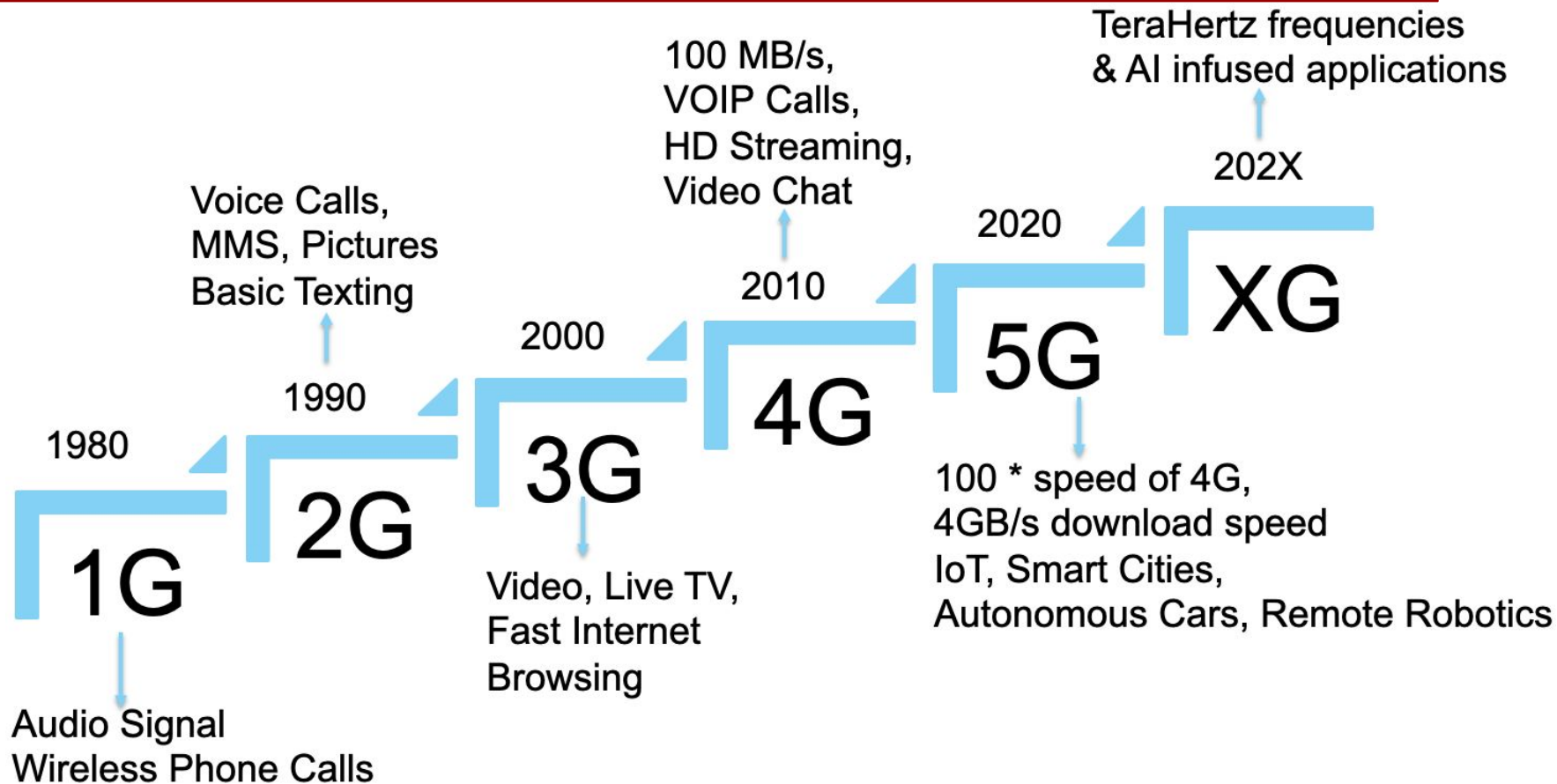


- Introdução
- Fundamentação Teórica
- Etapa Prática

- Apresentar o funcionamento das redes 5G
 - Avanços em relação à gerações anteriores
 - Arquitetura geral e funções
- Apresentar análise O-RAN vs Open@RAN
- Configurar uma rede 5G simulada na prática

Introdução

Gerações de Redes Móveis I



Gerações de Redes Móveis II

4G	VS	5G
10-50 milliseconds	 LATENCY	1 millisecond (3 GPP Rel 16)
100k connections/Km ²	 DENSITY	1M connections/Km ²
2 Gbps	 THROUGHPUT	20 Gbps
30 bps/Hz	 SPECTRAL EFFICIENCY	100 bps/Hz
10 Mbps/m ²	 TRAFFIC CAPACITY	1000 Mbps/m ²
BASELINE	 NETWORK ENERGY EFFICIENCY	15% Savings

Major factors	6G	5G
Peak data rate	> 100Gb/s	10[20] Gb/s
User experience data rate	> 10Gb/s	1Gb/s
Traffic density	> 100Tb/s/km ²	10Tb/s/km ²
Connection density	> 10million/km ²	1million/km ²
Delay	< 1ms	ms level
Mobility	> 1000km/h	350km/h
Spectrum efficiency	> 3x relative to 5G	3~5x relative to 4G
Energy efficiency	> 10x relative to 5G	1000x relative to 4G
Coverage percent	> 99%	About 70%
Reliability	> 99.999%	About 99.9%
Positioning precision	Centimeter level	Meter level
Receiver sensitivity	< -130dBm	About -120dBm

Classes de Serviço 5G

Ultra-Reliable Low Latency Communication



- Autonomous Vehicle
- Drone delivery
- Industrial automation
- Smart manufacturing
- Facial recognition

Enhanced Mobile Broadband

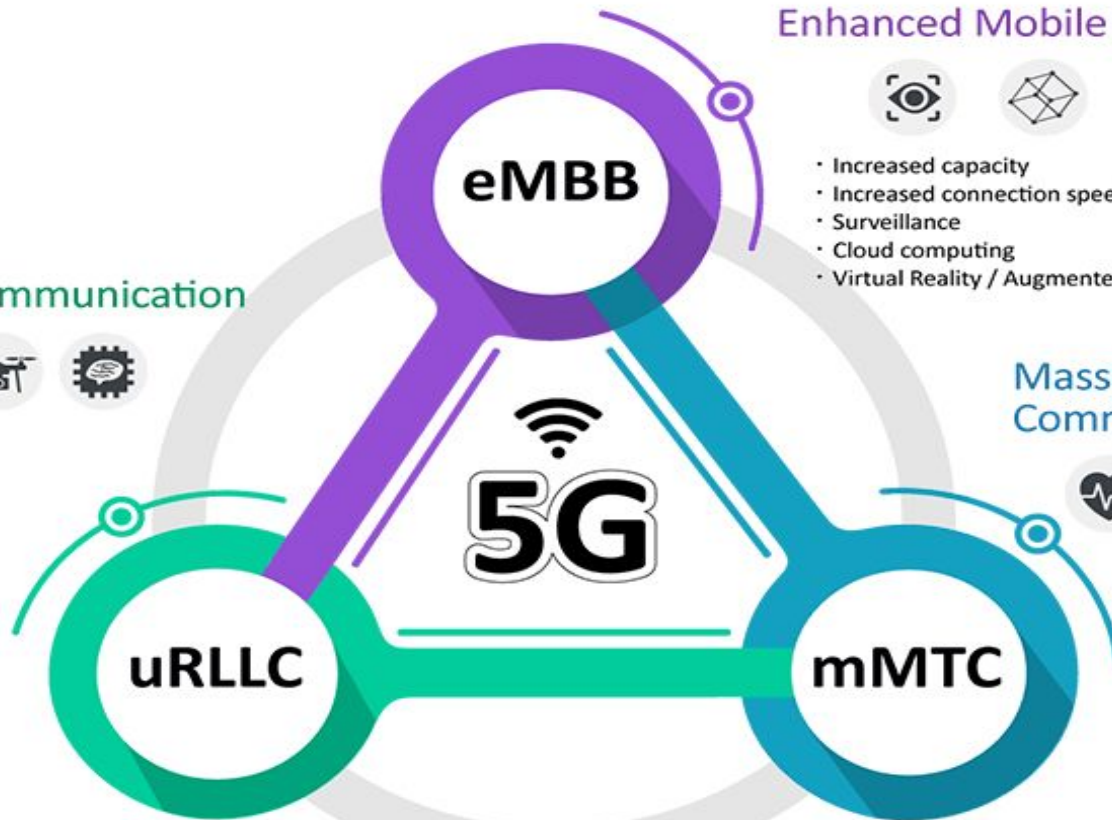


- Increased capacity
- Increased connection speeds
- Surveillance
- Cloud computing
- Virtual Reality / Augmented Reality

Massive Machine-Type Communications



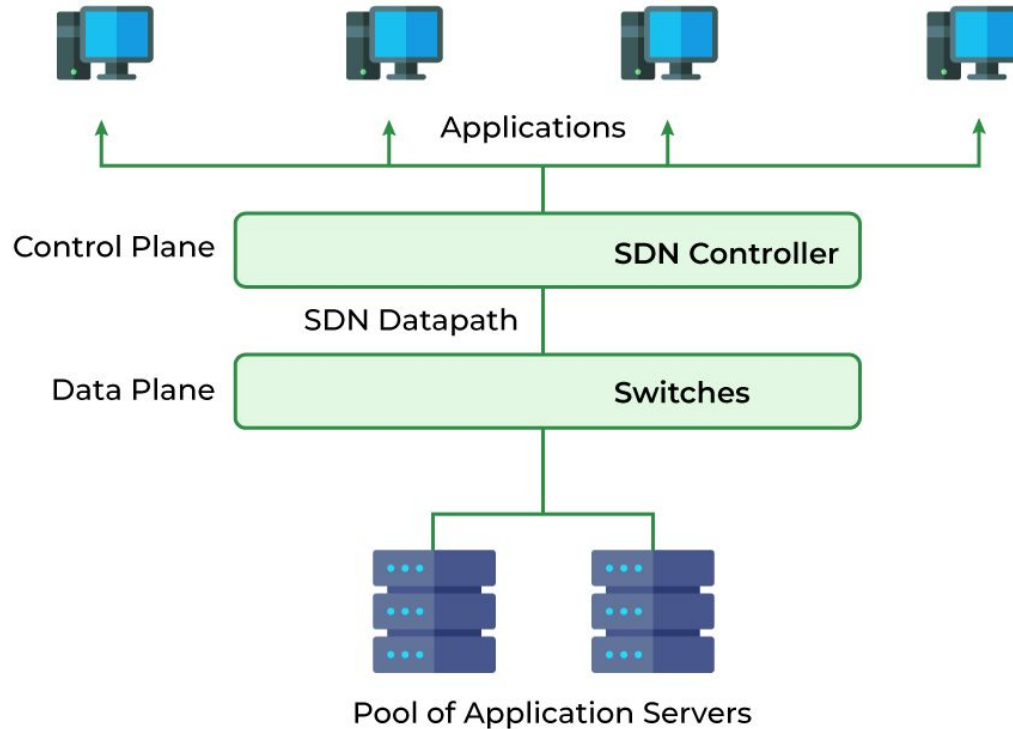
- Public safety and security
- Transport & logistics
- Environmental monitoring
- Smart energy networks
- Agriculture
- Kiosk and retail



Fundamentação Teórica

- Software-Defined Networking (SDN)
 - Divide os planos de controle e dados, que antes eram monolíticos e proprietários.
 - Permite gerenciamento centralizado da rede, oferecendo flexibilidade e agilidade.
 - Facilita a configuração, monitoramento e gerenciamento de redes.
 - Suporta redes mais escaláveis e adaptáveis às necessidades dos usuários.

Software Defined Networking (SDN)



- 3rd Generation Partnership Program (3GPP)
- Fundado em 1998 para desenvolver padrões móveis 3G.
- Organizações incluem:
 - ARIB (Association of Radio Industries and Companies) no Japão
 - ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
- Documentos de especificação (“Releases”)

- User Equipment (UE)

- Dispositivo usado para acessar serviços de redes móveis (ex.: smartphone, tablet, laptop com modem).
- Termo aplicado em padrões como 3G, 4G / LTE e 5G.
- Papel fundamental na comunicação entre o usuário e a rede.



- Access and Mobility Management Function (AMF)
 - Função essencial no 5G Core (5GC)
 - Gerencia o acesso e a mobilidade dos dispositivos
 - Suporte ao registro, autenticação e movimentação entre células.

- Authentication Server Function (AUSF)
 - Componente central do 5GC.
 - Define e gerencia autenticação segura na rede.
 - Fortalece a segurança do sistema 5G.

- Session Management Function (SMF)
 - Gerencia sessões de dados do usuário no 5GC
 - Responsável por alocação de IP
 - Coordena com a UPF o roteamento eficiente do tráfego

- User Plane Function (UPF)
 - Componente essencial do 5GC.
 - Separa o plano de controle do plano de usuário.
 - Gerencia o tráfego de dados do usuário.
 - Interage com o plano de controle para sinalização e configuração da rede.

- Policy Control Function (PCF)
 - É um componente central na arquitetura de redes móveis, especialmente no contexto de redes 5G.
 - Ela desempenha um papel crucial na gestão e controle de políticas para serviços de rede, permitindo que os operadores ofereçam uma experiência de usuário otimizada e personalizada.

- Unified Data Management (UDM)
 - Centraliza dados dos assinantes e perfis de rede
 - Suporta autenticação em conjunto com a AUSF
 - Gerencia políticas de acesso e configuração de serviço
 - Permite acesso eficiente a dados de outras funções

- Data Network (DN)

- Infraestrutura de telecomunicações para transmissão de dados.
- Inclui protocolos, roteadores, switches e outros equipamentos.
- Utilizada em redes empresariais, telecomunicações, *data centers* e redes públicas.

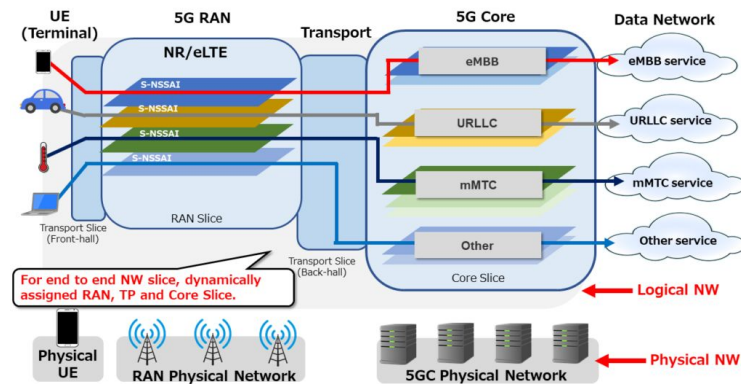
- Network Repository Function (NRF)
 - Componente central do 5GC.
 - Atua como repositório de serviços de rede.
 - Permite descoberta e interação eficiente entre funções da rede.

- Network Exposure Function (NEF)
 - Componente essencial do 5GC.
 - Fornece APIs seguras para acesso a funcionalidades da rede.
 - Permite integração de aplicativos externos com a rede 5G.
 - Garante segurança e integridade ao expor serviços de rede.

- Unified Data Repository (UDR)
 - Repositório centralizado para dados no 5GC.
 - Facilita o armazenamento, gerenciamento e acesso a dados.
 - Integra informações de diferentes fontes de forma unificada.

- Network Data Analytics Function (NWDAF)
 - Coleta e analisa dados do 5GC para otimizar a rede
 - Gera *insights* para melhorar desempenho e eficiência
 - Integra com outras funções (AMF, SMF, etc) para ações adaptativas

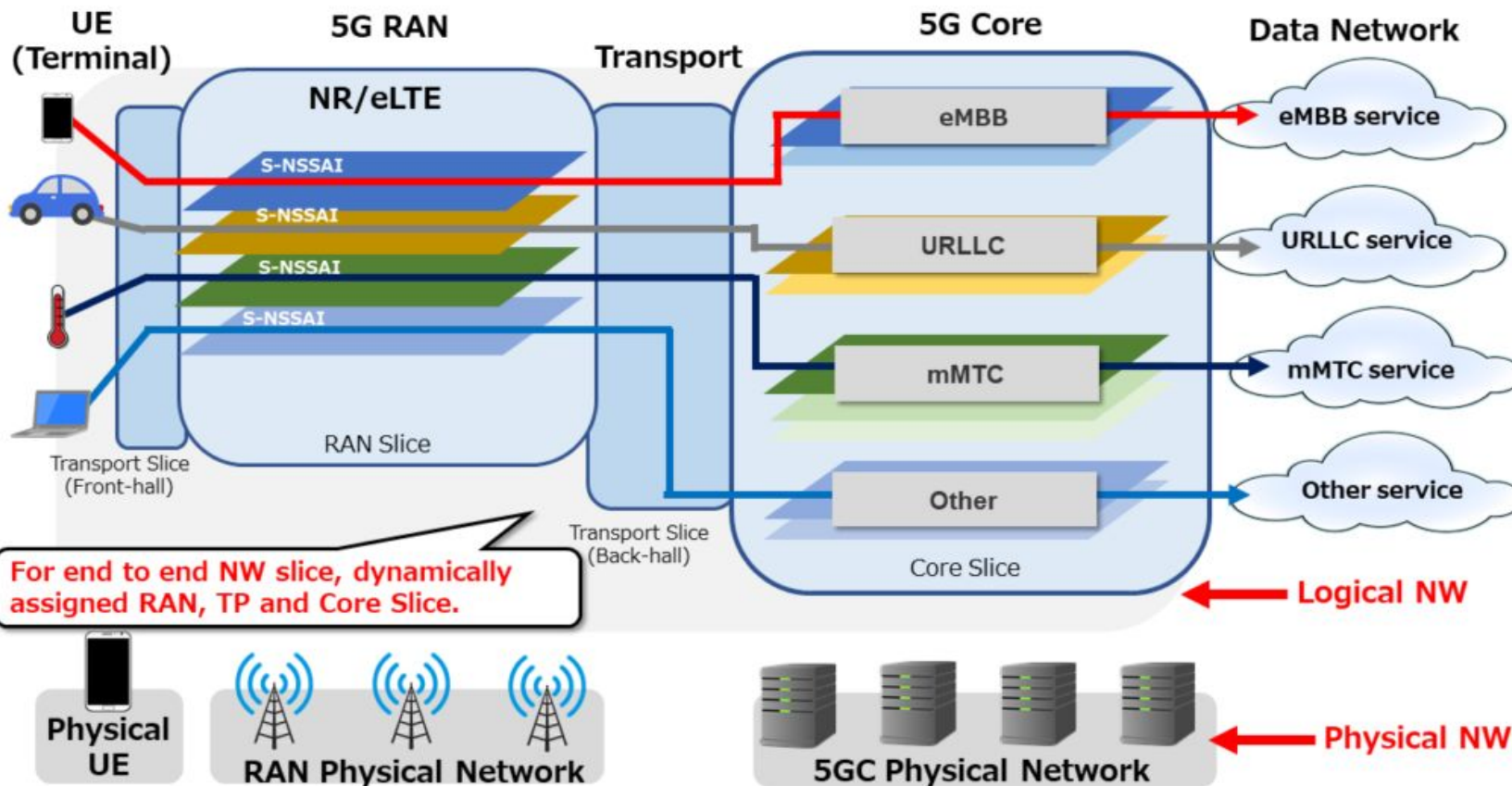
- Network Slice Selection Function (NSSF)
 - Gerencia e seleciona *network slices* com base nas necessidades do serviço
 - Garante segmentação eficiente da rede para diferentes aplicações
 - Coordena alocação de recursos entre *slices* dinamicamente



Fig, End to End Network Slicing Overview

by T.Nagumo

NSSF: Exemplo



Fig, End to End Network Slicing Overview

- Non-3GPP Inter-Working Function (N3IWF)
 - Funcionalidade essencial para a integração de redes não 3GPP (ex.: Wi-Fi) com redes 5G.
 - Facilita a comunicação entre redes 5G e redes externas, como Wi-Fi.
 - Garante interoperabilidade e continuidade dos serviços em diferentes tipos de rede.

- A arquitetura Open@RAN a abordagem de desagregação da RAN em dois componentes:
 - DU (Distributed United);
 - CU (Centralized United).
- E define interfaces abertas e padronizadas para o controle e gerenciamento de componentes e da RU (Radio Unit).

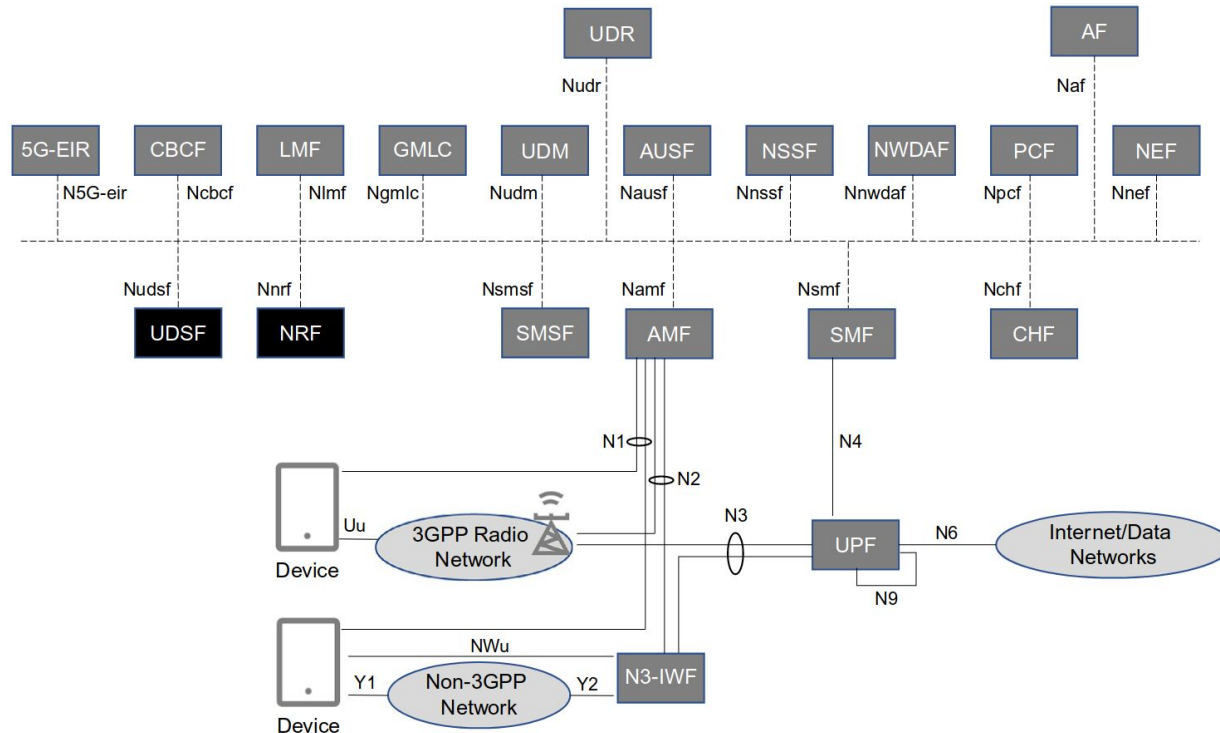
- Existe um controlador da arquitetura O-RAN Alliance, chamada RIC (Radio Intelligent Controller), na qual estabelece laços de controle da RAN em diferentes escalas de tempo.
- O RIC é um controlador SDN (Software-Defined Networking)

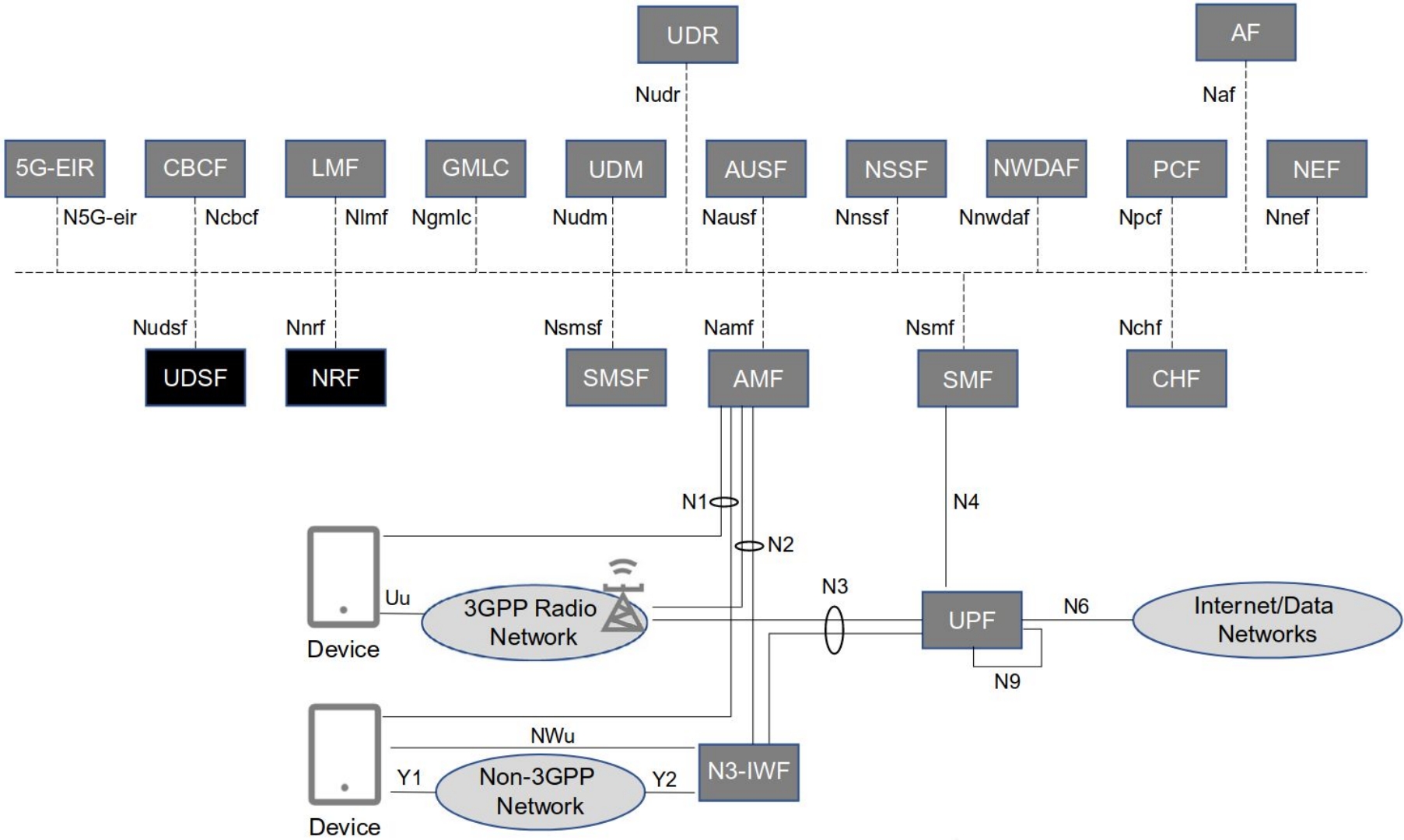
- A Aliança O-RAN (O-RAN Alliance) é uma iniciativa colaborativa, criada em 2018, formada por mais de 20 empresas e organizações de diversos países.
- O principal objetivo é remodelar a indústria relacionada a redes de acesso por rádio.

- A O-RAN Alliance disponibiliza diversas implementações *open source* na arquitetura OpenRAN
 - Service Management and Orchestration (SMO)
 - nonRT-RIC
 - nearRT-RIC
 - O-CU
 - O-RU

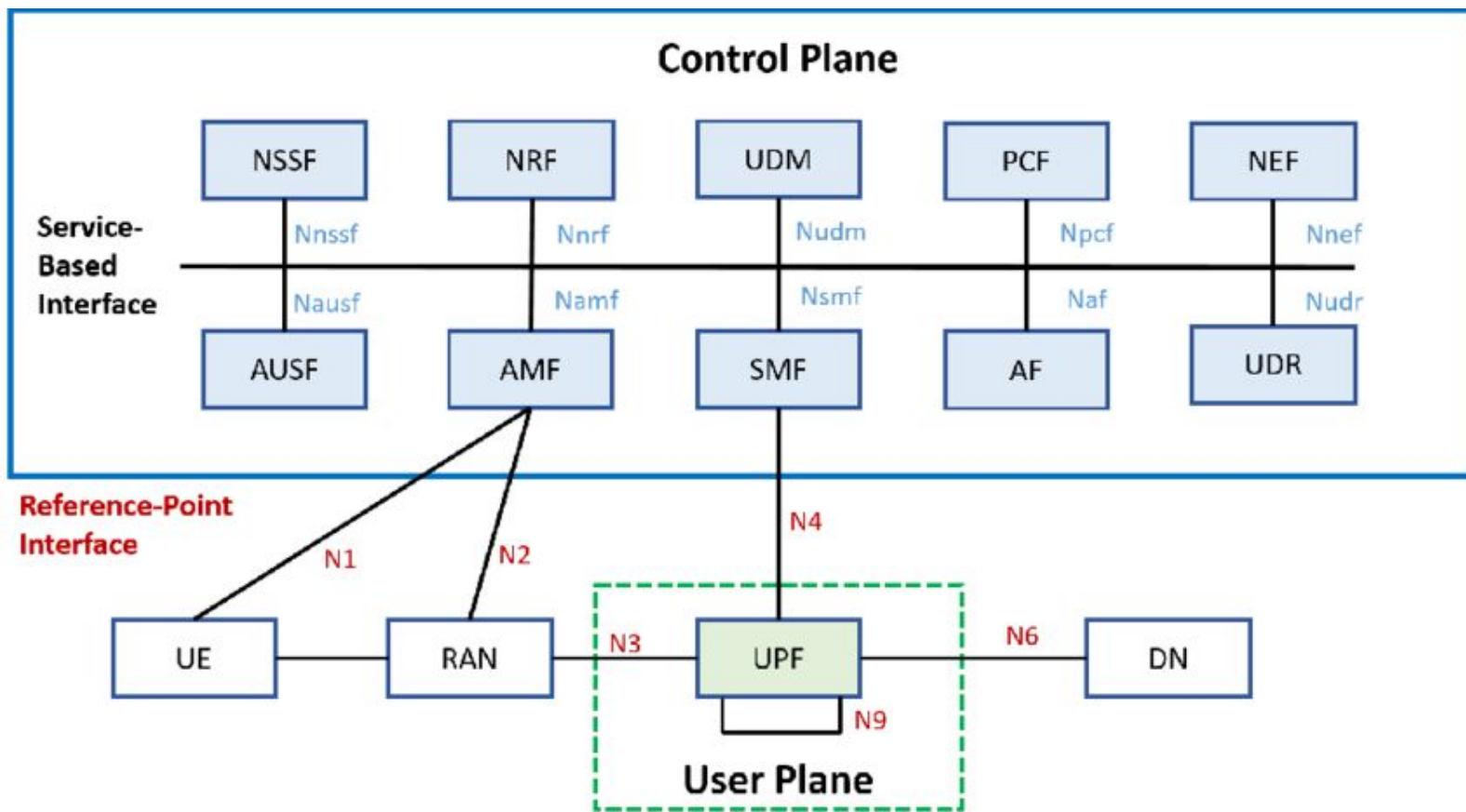
5GC: O coração da rede 5G

- Core / Núcleo / 5GC

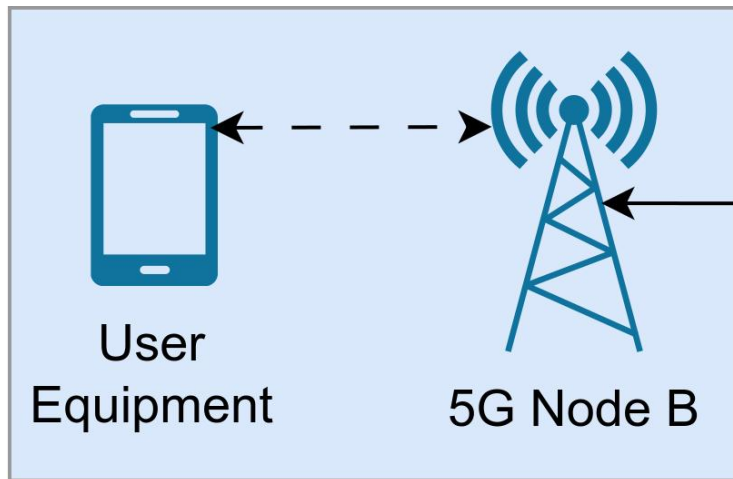




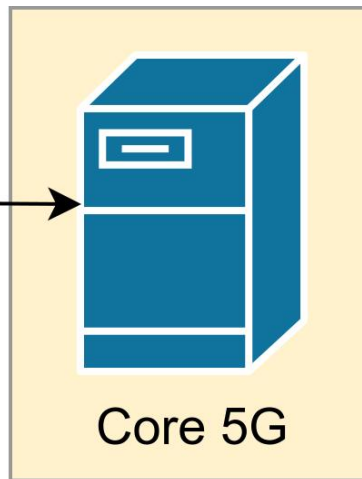
5GC: Implementação do free5GC



Visão Geral 5GS



Radio Access Network (RAN)



UE

NG-RAN

5GC



Etapa Prática

- VMs

- 5GC: 3 interfaces (NAT / Internal Network / Host-only)
- UE: 2 interfaces (Internal Network / Host-only)

OU

- 5GC: 1 interface (Bridge)
- UE: 1 interface (Bridge)

- Mais informações

- Manual VirtualBox, [Capítulo 6](#)
- Blog da Nakivo, [guia completo ilustrado](#)

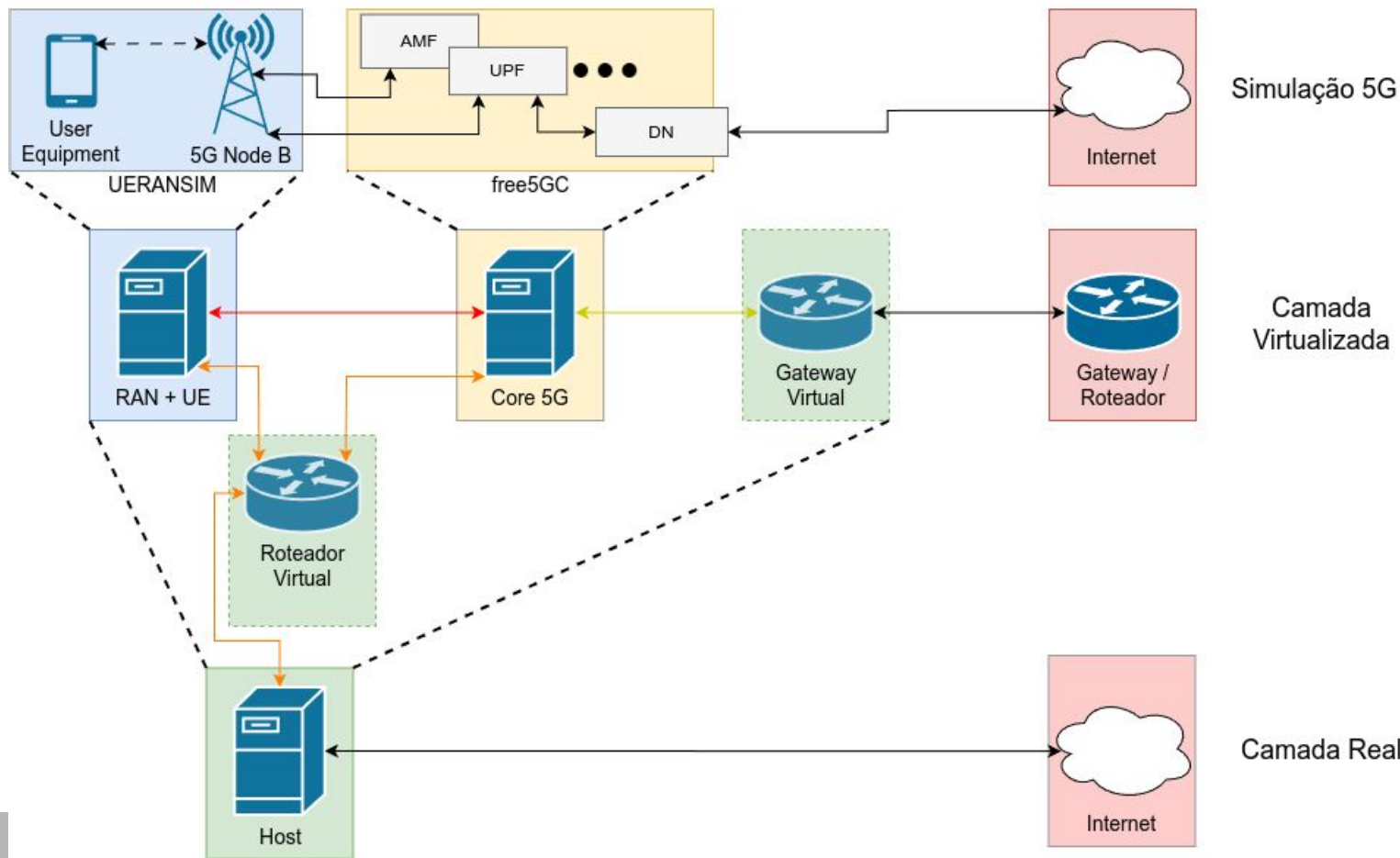
- **5GC**

- enp0s3 - Acesso a internet (DN)
- enp0s8 - Comunica com o UE
- enp0s9 - Comunica com o host

- **UE**

- enp0s3 - Comunica com o 5GC
- enp0s8 - Comunica com o host

Configurações Iniciais: Interfaces II



- Versão 7.1.x
- Criar rede local
 - Ferramentas > Rede
 - Host-only > Criar
 - **Nota:** verificar que o DHCP está ativo
- Credenciais
 - ubuntu:ubuntu

- Habilitar encaminhamento de pacotes no 5GC

```
$ sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o  
enp0s3 -j MASQUERADE
```

```
$ sudo iptables -I FORWARD 1 -j ACCEPT
```

```
$ sudo sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
```


- Verificar que o DNS está configurado em
\$ sudo nano /etc/netplan/00-installer-config.yaml

200.131.19.101

200.131.19.102

200.131.19.103

- Acesso remoto (via SSH)
 - \$ sudo apt update
 - \$ sudo apt install ssh
- Teste de conexão com a internet
 - \$ ping google.com
- Verificar que o DNS está configurado em
 - \$ sudo nano /etc/netplan/00-installer-config.yaml

- Manual de instruções / Roteiro

[URL do manual](#)

Captura de pacotes no 5GC



- Após conectar o UE no 5GC
- Capturar os pings do UE usando
\$ sudo tcpdump -n -i upfgtp

Comentários Finais

- Redes 5G
 - Definições
 - Funções de rede (NFs)
- Ambiente 5G
 - Simulador
 - Instalação
 - Configuração

- Ambiente 5G
 - Exemplos de apps simples by [free5GC](#)
 - Configurando cobrança de tarifa e quota by [free5GC](#)
 - Alterando comportamento do roteamento by [free5GC](#)
 - Uplink classifier (ULCL) by [s5uishida](#)
 - Escolhendo UPF de acordo com gNB by [s5uishida](#)
 - Escolhendo UPF a partir do S-NSSAI by [s5uishida](#)
 - Classificação de protocolos de rede by [Oliveira et al.](#)
 - Estudo de protocolos de autenticação by [Oliveira and Silva](#)

- Redes 6G serão uma evolução do 5G
 - Mesmo paradigma e NFs principais
 - Extensão de NFs preexistentes
 - AI / ML (e.g. NWDAF...)
 - Adição de NFs
 - Referências ([artigo W6G](#), [artigo Computer Networks](#))

- Redes auto configuráveis
 - SON / ZSM / ZTN ([survey](#))
- Integração de outras redes ao 5GC
 - Redes satelitais (5G-NTN) ([site 3GPP](#), [survey](#))
 - Wi-Fi (TNGF)
 - Wi-Fi, BLE, LoRa, ZigBee, ... (N3IWF)
- MIMO no contexto 5G
 - 5G NR Massive MIMO

- Utilização de ML
 - Orquestração de redes 5G/6G
 - Detecção de ataques em redes 5G/6G
- Estudos de aspectos de segurança no *core* (núcleo)

- Temas de Pesquisa
 - Segurança em redes 6G
 - Implantação de NIDS (Next gen IDS)
 - Classificação de tráfego em redes 5G
 - 5G aplicado em Cidades Inteligentes
 - Etc

Site do professor Edelberto: [Temas](#)



Referências



- Links disponíveis nos slides
- URLs clicáveis nas imagens

- free5GC auto deploy



FAD Tool

Obrigado

{antonio.junior,
leonardo.azalim,
mariana.siano}
@estudante.ufjf.br



netlab.ice.ufjf.br

