

# Redes Celulares

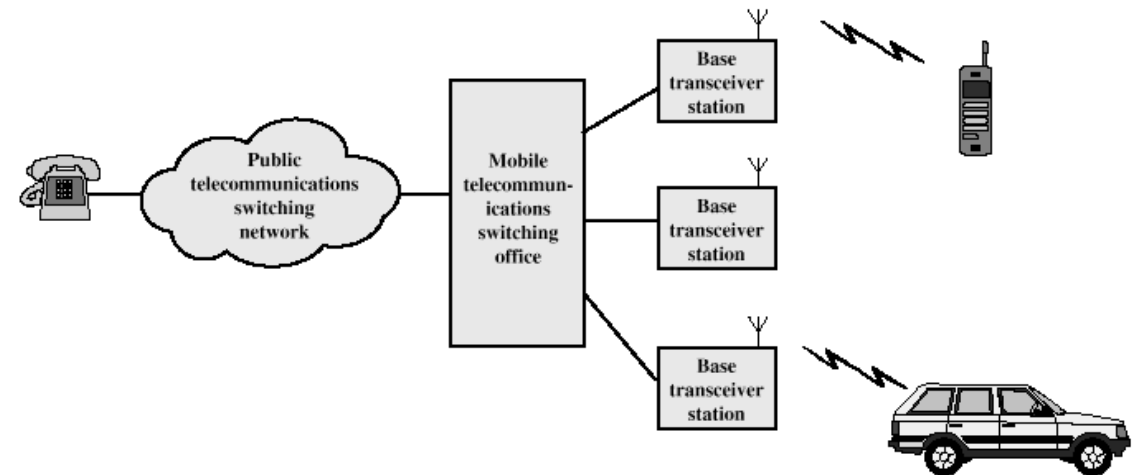
Redes celulares móveis

GSM para 5G

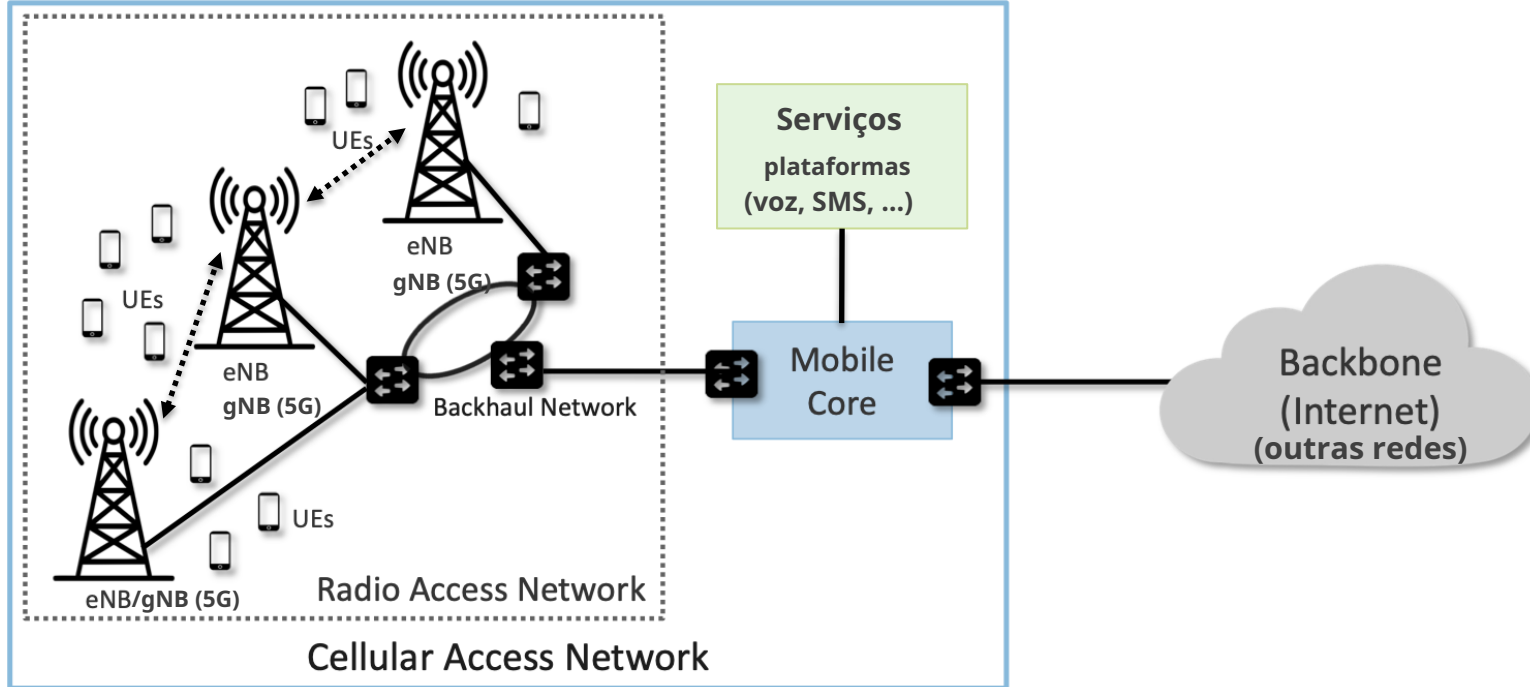
# Rede CELULAR sem fio

- **Conectividade sem fio generalizada de salto único para o mundo conectado**
  - Normalmente espaço dividido em células e Terminais Móveis (MTs) atribuídos a uma célula
  - Uma Estação Base (BS) é responsável pela comunicação com MTs em sua célula
    - Comunicações: uma chamada de voz ou uma sessão de dados
  - As operações de transferência/transferência (HO) ocorrem quando um MT se move para uma nova estação base, enquanto está ocupado em uma chamada
  - Altamente suportado por uma rede de transporte fixa (com fio)

- **Tamanho da célula:**
  - Altamente variável
  - Dependente da tecnologia e da frequência
  - Varia de acordo com o número esperado de usuários



# Arquitetura genérica de rede celular



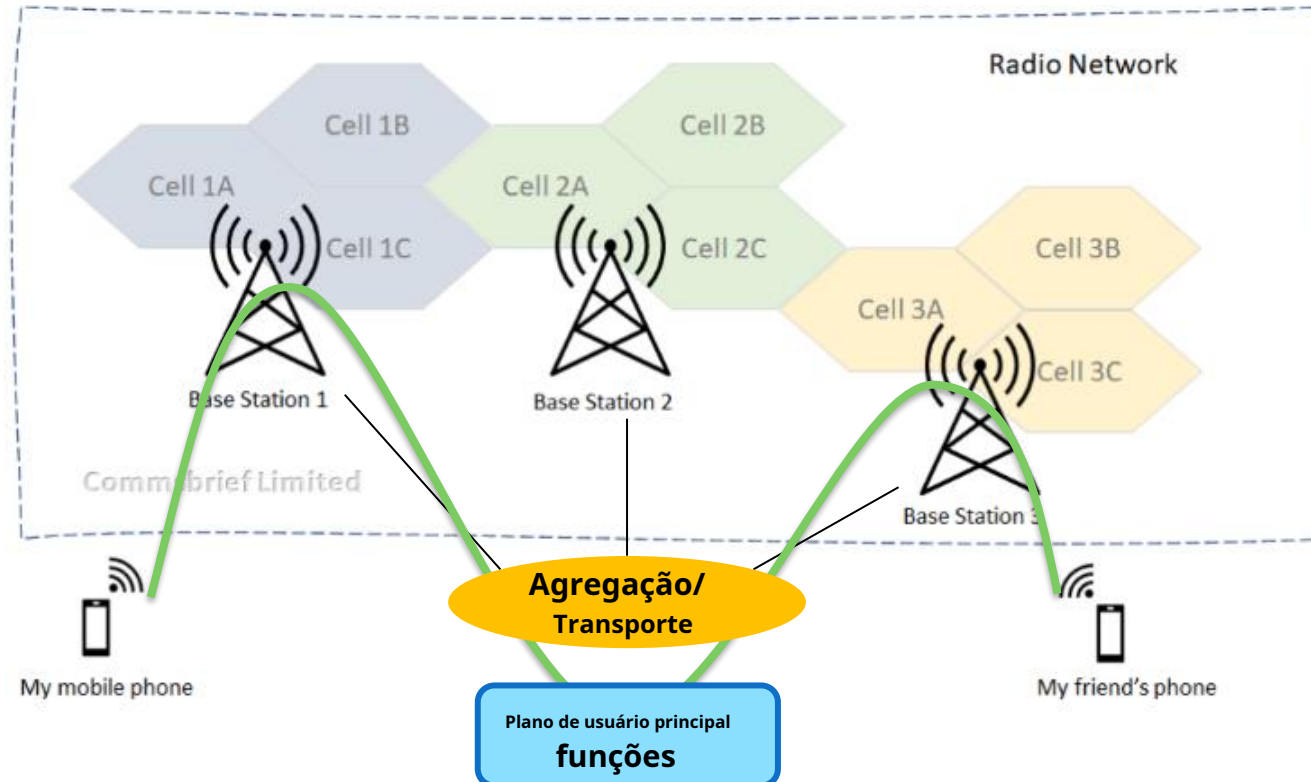
Apenas a interface UE para e/gNB é baseada em rádio

'Redes móveis' fortemente suportadas na rede fixa (principalmente fibra)

As plataformas de serviço são partilhadas com a rede de acesso fixa (fibra e cobre)

O espectro de rádio reservado e dedicado desempenha um papel central no sucesso do PLMN (Public Terra Redes móveis)

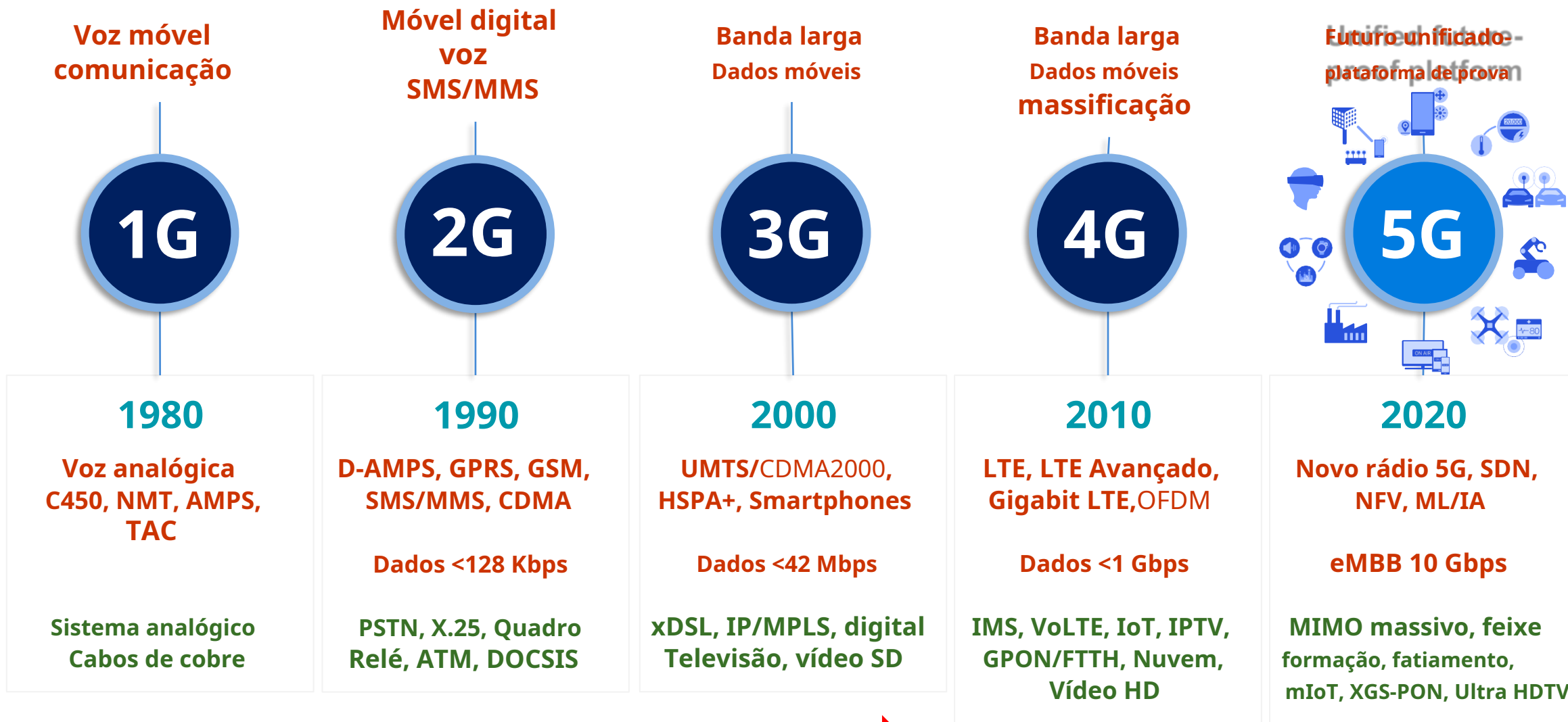
# Sistema Celular Genérico



<https://commsbrief.com/what-são-células-em-móveis-comunicações/>

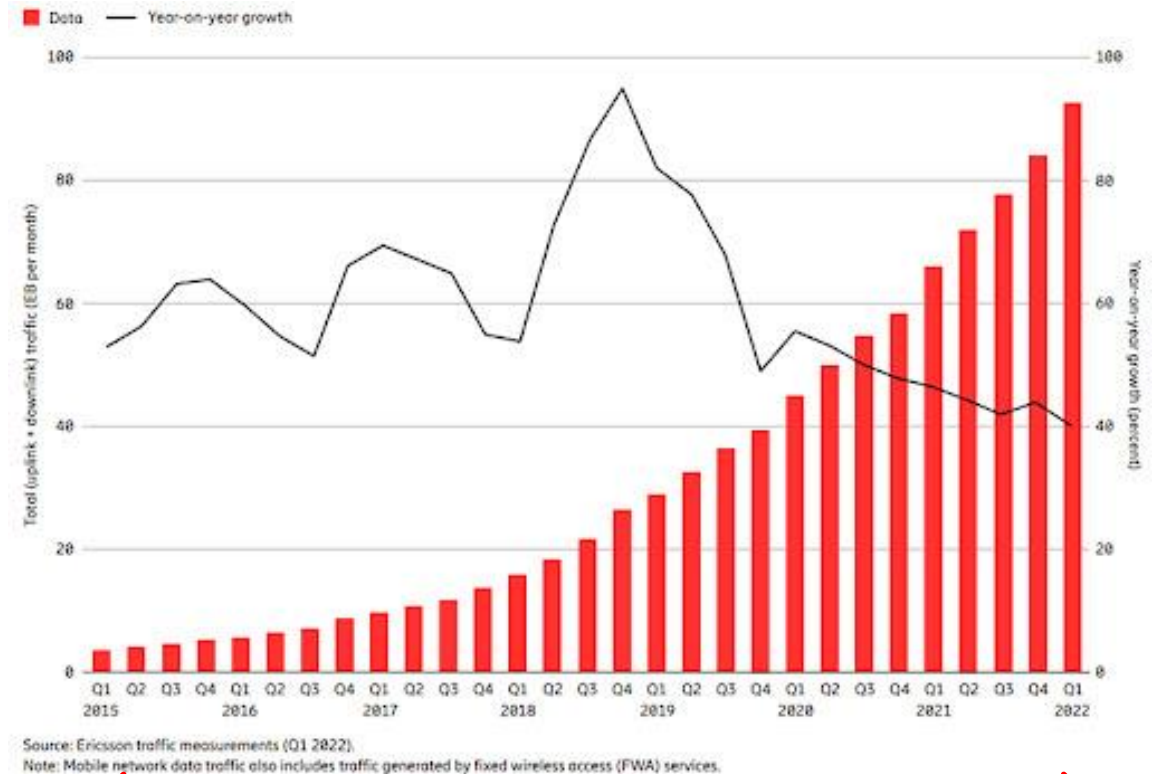
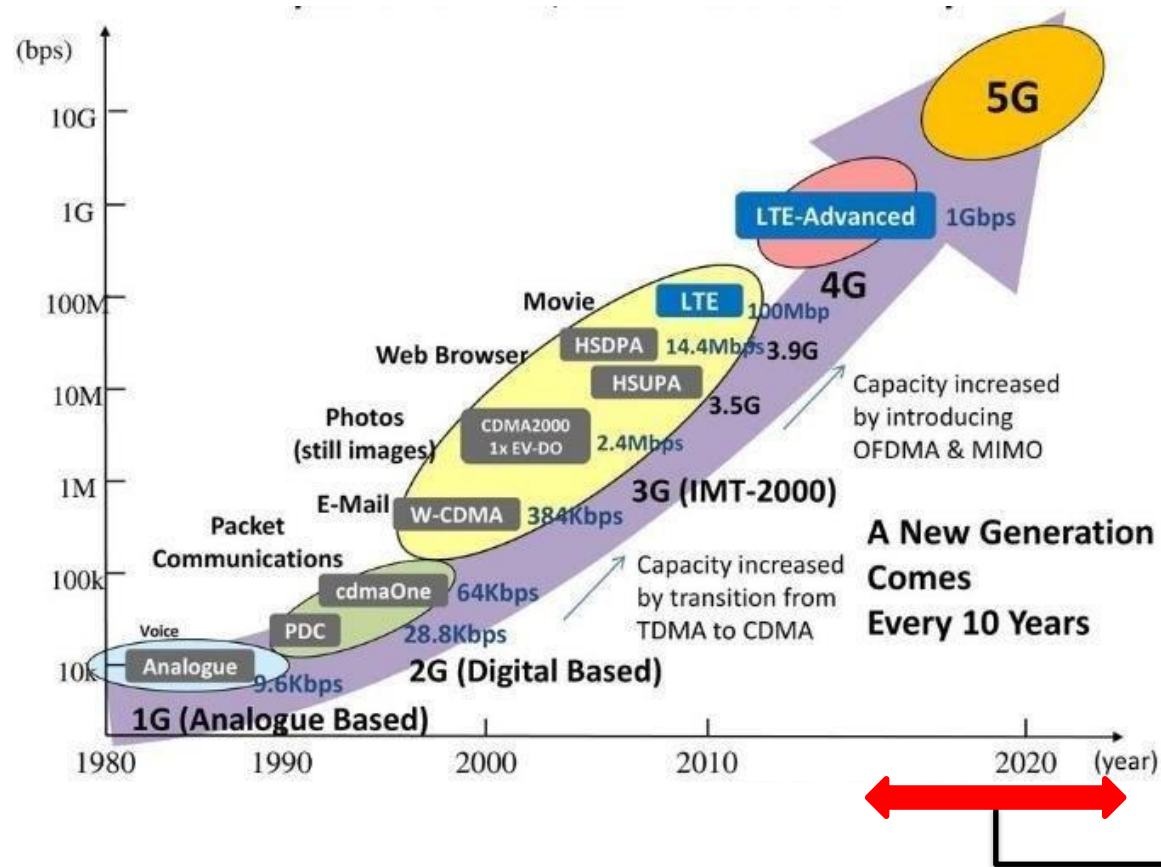
# Ondas tecnológicas (*G* *enerações*)

Adaptado de: Qualcomm "O que está no futuro da 5G?"



Aumentando a eficiência espectral (mais bits/Hz)

# Tecnologias e evolução do uso



# Rede celular sem fio

Na terminologia Telco, um ***Rede móvel terrestre pública*** (PLMN) é uma combinação de serviços de comunicação sem fio oferecidos por uma operadora específica em um país específico

A PLMN tipicamente consiste de diversas tecnologias celulares como **GSM/2G, UMTS/3G, LTE/4G e 5G**, oferecido por uma única operadora em um determinado país, muitas vezes chamado de rede celular

Um PLMN é identificado por um nome globalmente único **Código PLMN**, que consiste em um **MCC (código de país móvel)** e **MNC (código de rede móvel)**

Portugal	MCC: 268	Multinacionais:
		Vodafone: 01
		Nº: 03
		MEO: 06

<https://mcc-mnc.com/>

**1G**

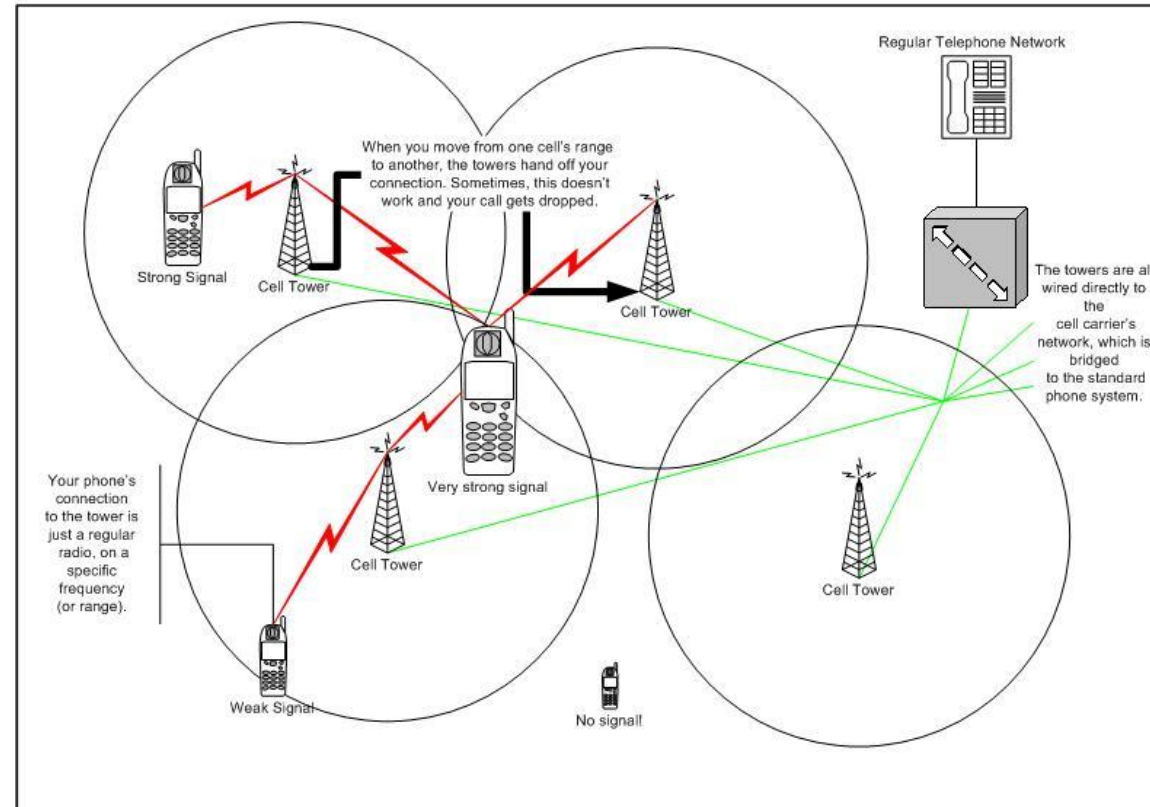
**Voz móvel**



# Analógico de primeira geração

- Serviço avançado de telefonia móvel (AMPS)
  - Na América do Norte, duas bandas de 25 MHz alocadas para AMPS
    - Um para transmissão da base para a unidade móvel
    - Um para transmissão da unidade móvel para a base
  - Cada banda se dividiu em duas para incentivar a competição
  - Reutilização de frequência explorada

<https://telephoneworld.org/telefone-celular-história/analógico-celular-amperes-1g/>



**Martin Cooper,**  
Engenheiro americano que liderou a equipe que em 1972–73 construiu o primeiro celular móvel e fez a primeira ligação de celular. Ele é amplamente considerado o pai do celular telefone.

# Caracterização 1G

## Sistemas 1G mais populares durante a década de 1980

- Sistema avançado de telefonia móvel (AMPS)
- Sistema Nórdico de Telefonia Móvel (NMTS)
- Sistema de Comunicação de Acesso Total (TACS)
- Sistema Europeu de Comunicação de Acesso Total (ETACS)

## Principais recursos (tecnologia) do sistema 1G

- Frequência 800 MHz e 900 MHz
- Largura de banda: 10 MHz (666 canais duplex com largura de banda de 30 KHz)
- Tecnologia: comutação analógica
- Modulação: Modulação de Frequência (FM)
- Modo de serviço: apenas voz
- Técnica de acesso: Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA)

## Desvantagens do sistema 1G

- Má qualidade de voz devido a interferência
- Bateria com pouca duração
- Telemóveis de grande porte (não é fácil de transportar)
- Menos segurança (as chamadas podem ser decodificadas usando um demodulador FM)
- Número limitado de usuários e cobertura de celular
- O roaming não era possível entre sistemas semelhantes

**2G**

**Sistema Global para Comunicações Móveis  
(GSM)**

# 2ª Geração: GSM

- Definido pela CEPT/ETSI
- Requisitos em termos de:
  - **Serviços** Portabilidade, =PSTN
  - **QoS** = PSTN
  - **Segurança** Cifra de baixo custo
  - **Uso de RF** Eficiência
  - **Rede** Numeração ITU-T, SS-7
  - **Custo** Baixo

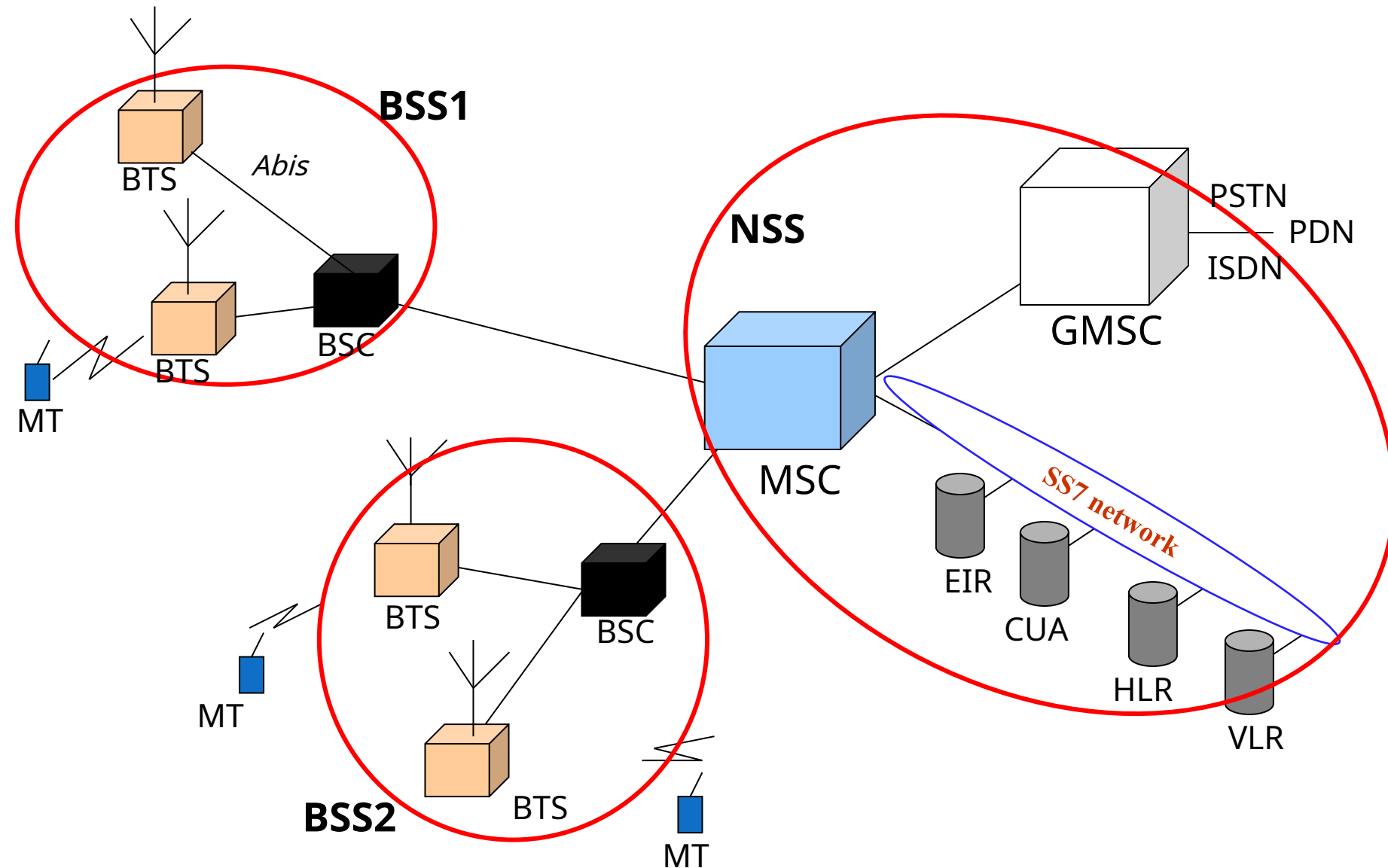
## Diferenças com os sistemas de primeira geração

- Canais de tráfego digital
  - os sistemas de primeira geração são quase puramente analógicos; sistemas de segunda geração são digitais
- Criptografia
  - todos os sistemas de segunda geração fornecem criptografia para evitar espionagem
- Detecção e correção de erros
  - o tráfego digital de segunda geração permite detecção e correção, proporcionando recepção de voz nítida
- Acesso ao canal
  - os sistemas de segunda geração permitem que os canais sejam compartilhados dinamicamente por vários usuários

# Arquitetura Básica

- Define células
- Define um Móvel Tterminal  
MobilEequipamento+SassinanteEUidentidadeModule  
(etc...; por exemplo, Identidade Internacional de Equipamento de Estação Móvel (IMEI))
- Usa um Rede Subsistema  
MSC; HLR, VLR
- Usa um Rádio S você sistema  
BSS; BTreceptorS, BSCcontrolador
- Define um Subsistema de Suporte Operacional (OSS)
- O Subsistema de Estação Base (BSS) está estruturado como **Controladores de estação base (BSC)+Estação Transceptora Base (BTS)**
- Os BSCs estão conectados ao **Centro de comutação móvel (MSC)** através de linhas físicas
- MSCs estão interconectados entre si
- Existem MSCs conectados à rede pública (PSTN), o **Centro de comutação móvel Gateway (GMSC)**.

# Arquitetura GSM



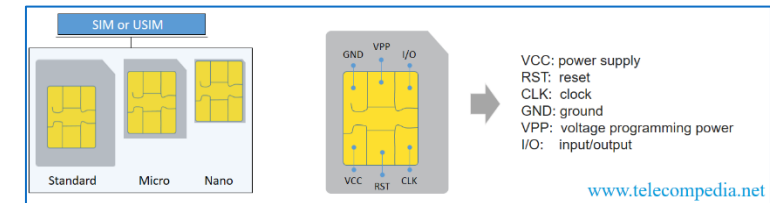
**AuC:** Centro de autenticação **BSC:** Controlador de estação base **BSS:** Subsistema de estação base **BTS:** Estação transceptora base **EIR:** Registro de identidade de equipamento **GMSC:** Centro de comutação móvel de gateway **HLR:** Registro de localização inicial

**ISDN:** Rede Digital de Serviços Integrados **MSC:** Centro de Comutação Móvel **MT:** Terminal Móvel **NSS:** Subsistema de comutação de rede **PDN:** Rede de dados por pacotes **PSTN:** Rede Telefônica Pública Comutada **SS7:** Sistema de Sinalização 7 **VLR:** Registro de localização de visitantes

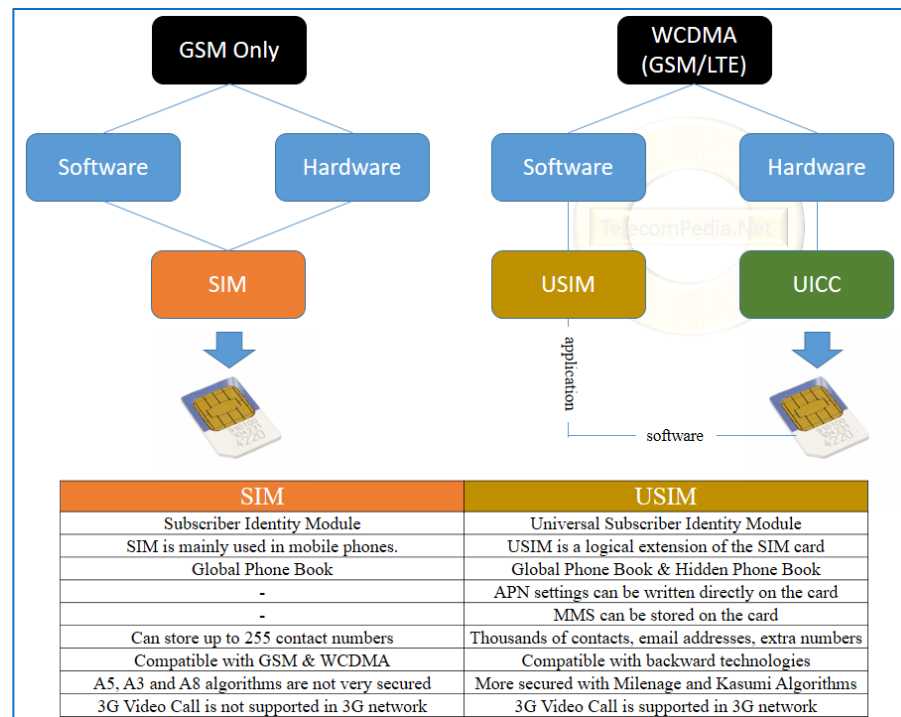
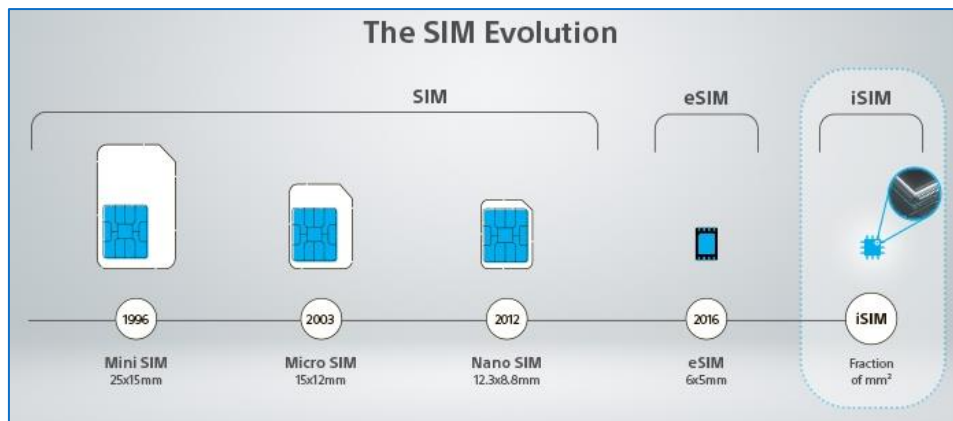
# SIM: *Módulo de identidade do assinante*

- Memória emicroprocessador chip usado nos telefones celulares
- **Informações:**
  - **identidade do assinante, senha (PIN), informações de assinatura (redes autorizadas, restrições de chamadas, ...), algoritmos de segurança, números curtos, últimos números recebidos/discados, última área de localização visitada, ...**

- **Cartão SIM + terminal GSM = acesso a serviços GSM**
  - **Hardware**



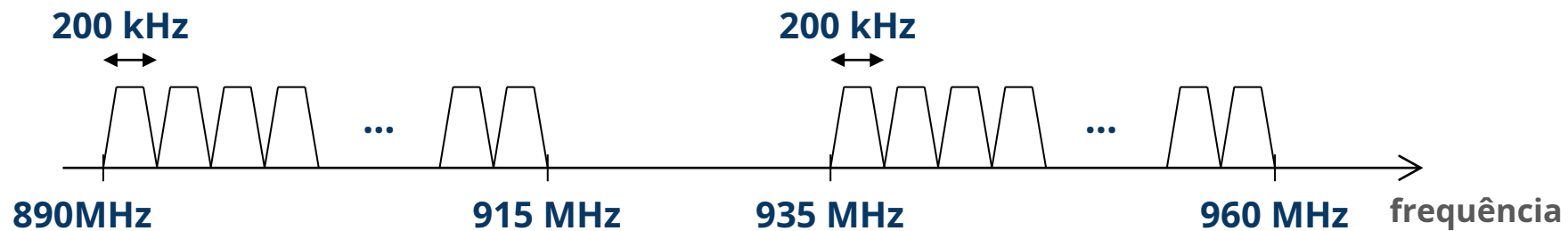
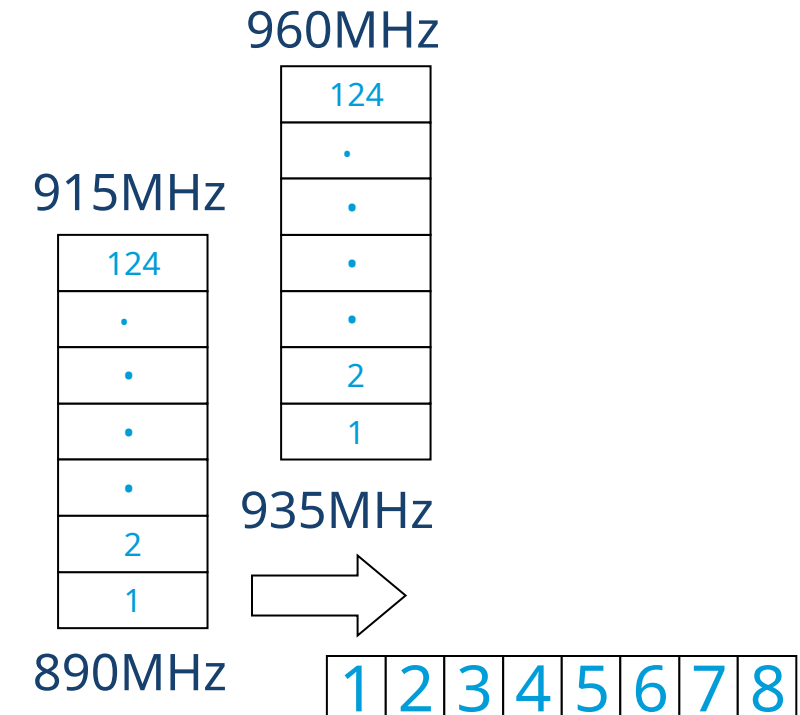
- **Evolução:**
  - **SIM (2G) → USIM (3G, software)**
  - **UICC (hardware)**



# Interface aérea (Um) – alocação de canal

## • Usos GSM:

- FDD (*Duplexação por divisão de frequência*) para duplexação
- TDMA (*Acesso múltiplo por divisão de tempo*) com 8 timeslots para acesso múltiplo
  - Atraso de três slots (para cima e para baixo) → evita rx/tx simultâneo
- Canais de frequência de 200 kHz (124 em GSM 900) para cada célula, 124 canais por banda (⇒ máximo de 8 usuários por canal)



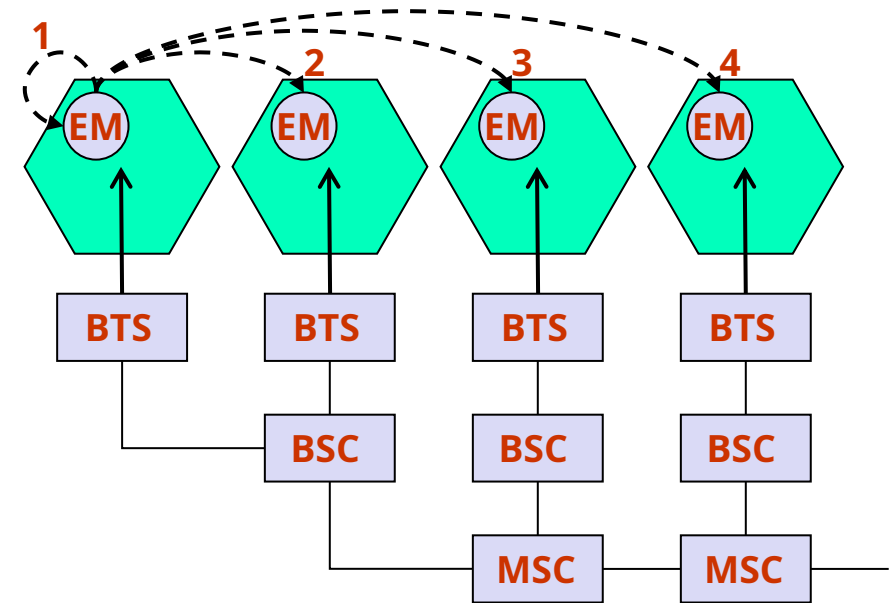
ligação ascendente

link descendente



# Tipos de transferência (GSM)

- 1. Intracelular:** de um canal para outro dentro da mesma célula
- 2. Intercélula, Intra-BSC:** de um canal em uma célula para um canal em outra célula, ambos controlados pelo mesmo BSC
- 3. Inter-BSC, Intra-MSC:** de um canal em uma célula para um canal em outra célula, controlado por diferentes BSCs, sob o mesmo controle MSC
- 4. Inter-MSC:** de um canal em uma célula para um canal em outra célula conectado a diferentes MSCs



# Serviço de Mensagens Curtas - SMS

- Suporta a transmissão de mensagens até 160<sup>1</sup>caracteres, entre terminais móveis
- As mensagens são transmitidas através dos canais de sinalização
- É usado para uma variedade de aplicações:
  - mensagens de texto entre usuários (muito populares)
  - transmissão de informações pelo operador de rede (por exemplo, promoções)
  - transmissão de informações dependentes da localização (por exemplo, restaurantes locais)
  - acesso a aplicações informáticas (por exemplo, home banking e e-mail)
  - configuração de terminais móveis over the air

<sup>1</sup> Ao usar (7 bits/caractere); apenas 70 caracteres ao usar outros códigos (8 bits).

O Twitter começou como um serviço baseado em texto SMS. Isso limitou o comprimento original do Tweet a 140 caracteres (o que foi parcialmente impulsionado pelo limite de 160 caracteres do SMS, com 20 caracteres reservados para comandos e nomes de usuário). Com o tempo, à medida que o Twitter evoluiu, o comprimento máximo do Tweet cresceu para 280 caracteres – ainda curto e breve, mas permitindo mais expressão.

# **2,5G**

**Serviço Geral de Pacotes de Rádio (GPRS)**

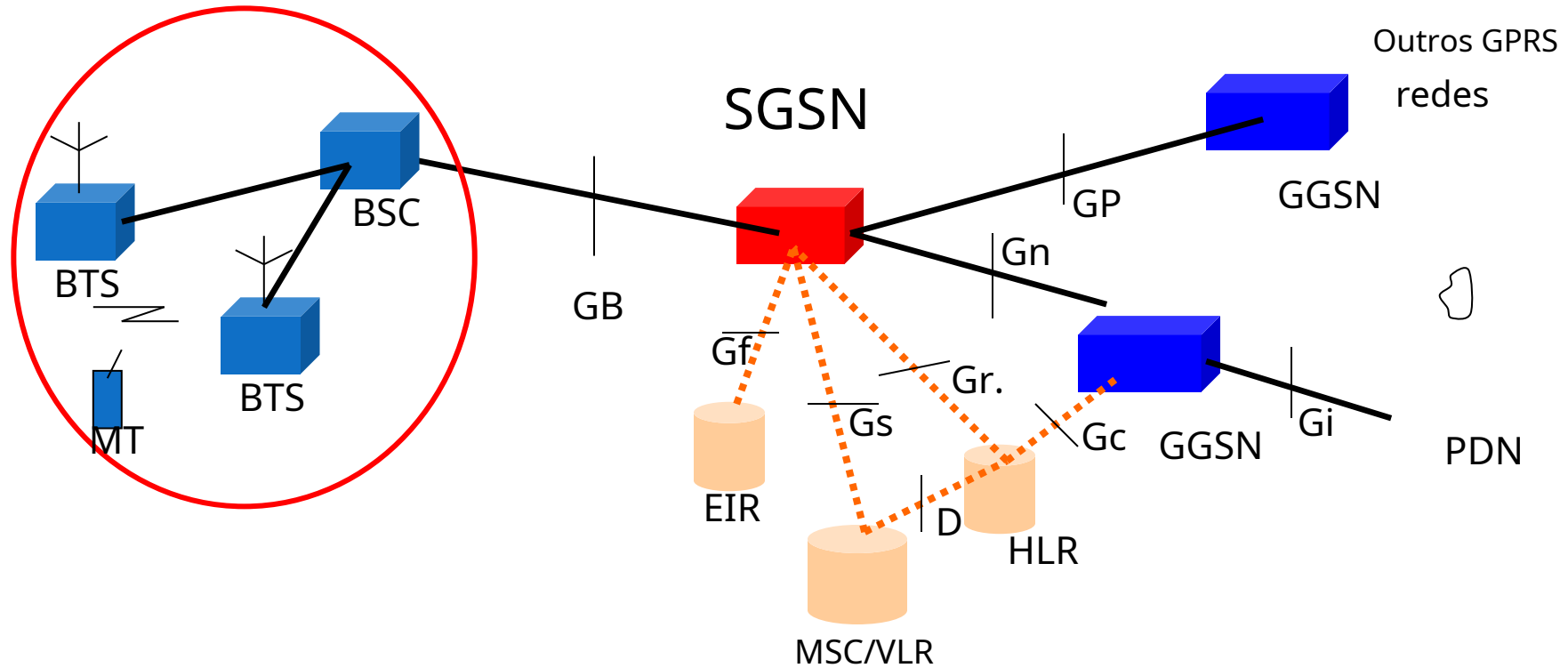
# GPRS

- **GPRS:***Serviço de Rádio de Pacote Geral*
- Serviço de transporte orientado a pacotes, para conexões de rede de dados (Internet)
  - Melhores taxas de bits de transmissão (máx. 150kbps)
  - Permite comunicações em burst (“imediatas”: conexões em <1s)
  - Novos aplicativos de rede
  - Novos mecanismos de faturação (orientados ao utilizador: por tráfego, p.ex.)

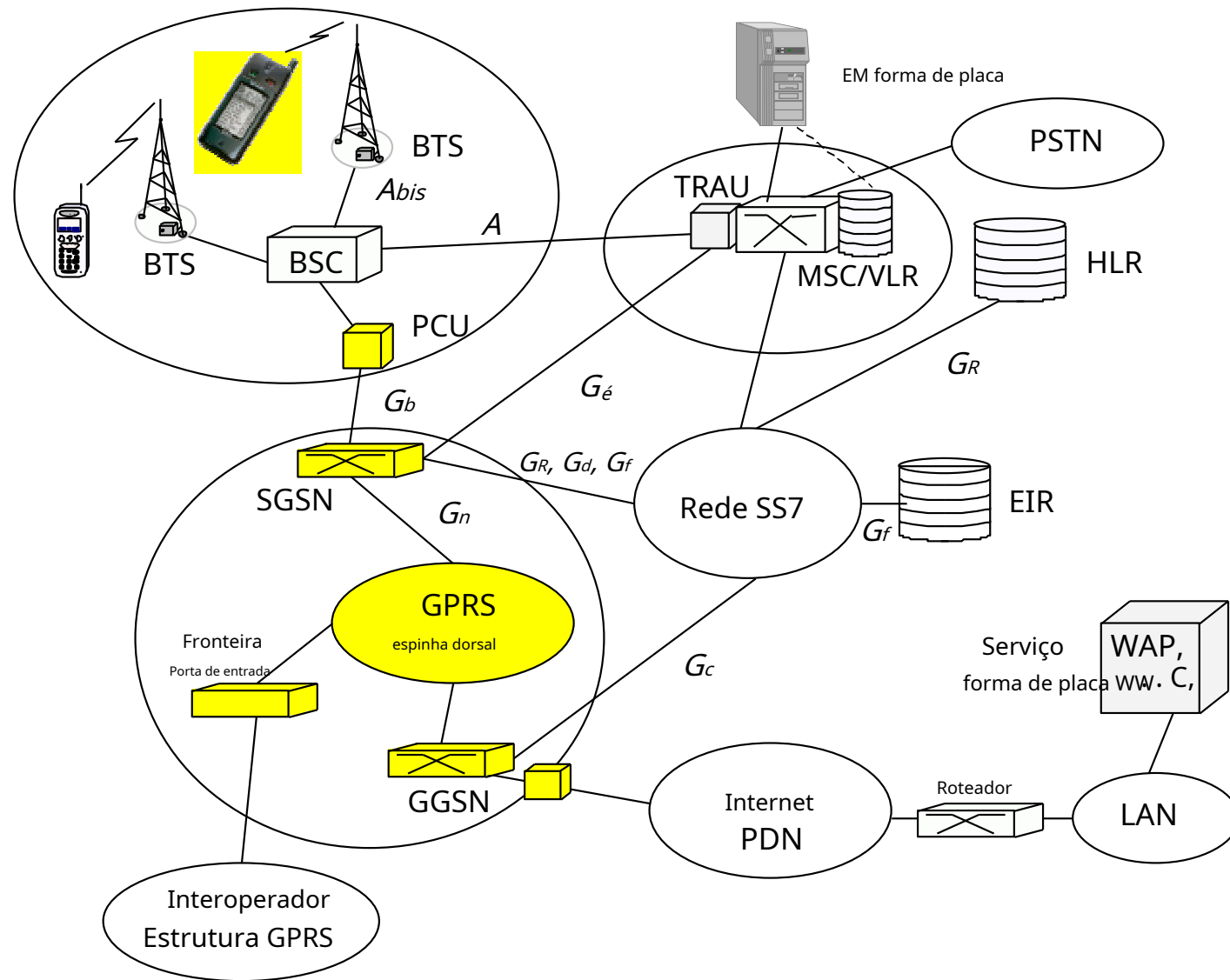
# Arquitetura GPRS

- **Novas entidades são definidas**
  - **SGSN – servindo nó de suporte GPRS**
  - **GGSN – gateway nó de suporte GPRS**
  - **Interfaces entre entidades GPRS, GSM, core e PSTN**
- **Plano de transmissão**
  - **Pacotes de dados são transmitidos por um mecanismo de túnel**
- **Plano de controle**
  - **GTP: um protocolo para gerenciamento de túneis (criar, remover, etc.)**
- **Interface de rádio**
  - **Alterados os canais lógicos e como eles são gerenciados**
  - **Permanece o conceito de “mestre-escravo”**

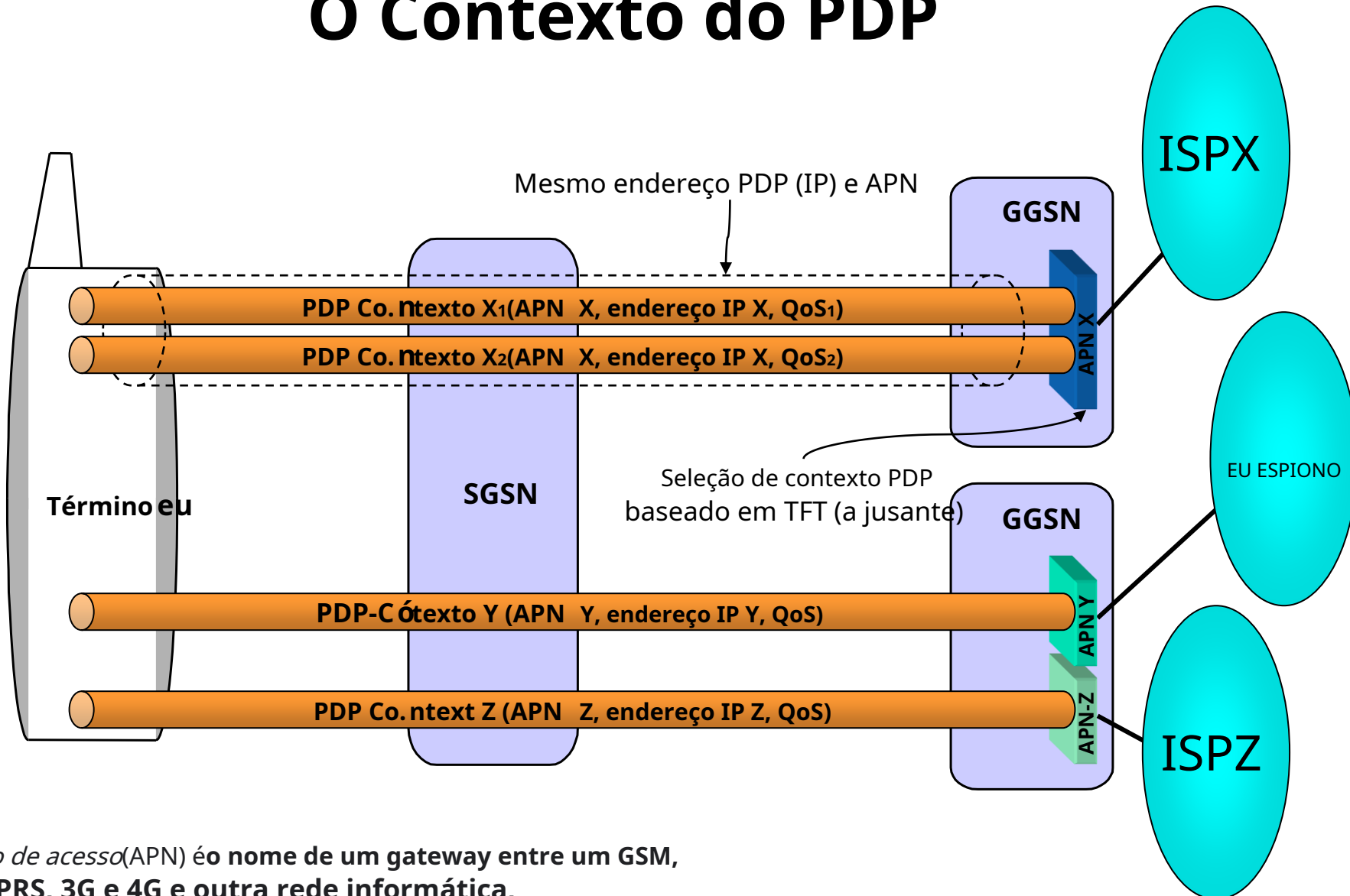
# Arquitetura GPRS



# Introdução ao GPRS na rede GSM



# O Contexto do PDP



Um *Nome do ponto de acesso* (APN) é o nome de um gateway entre um GSM, Rede móvel GPRS, 3G e 4G e outra rede informática, frequentemente a Internet pública.

Mais tarde chamado de DNN em 5G



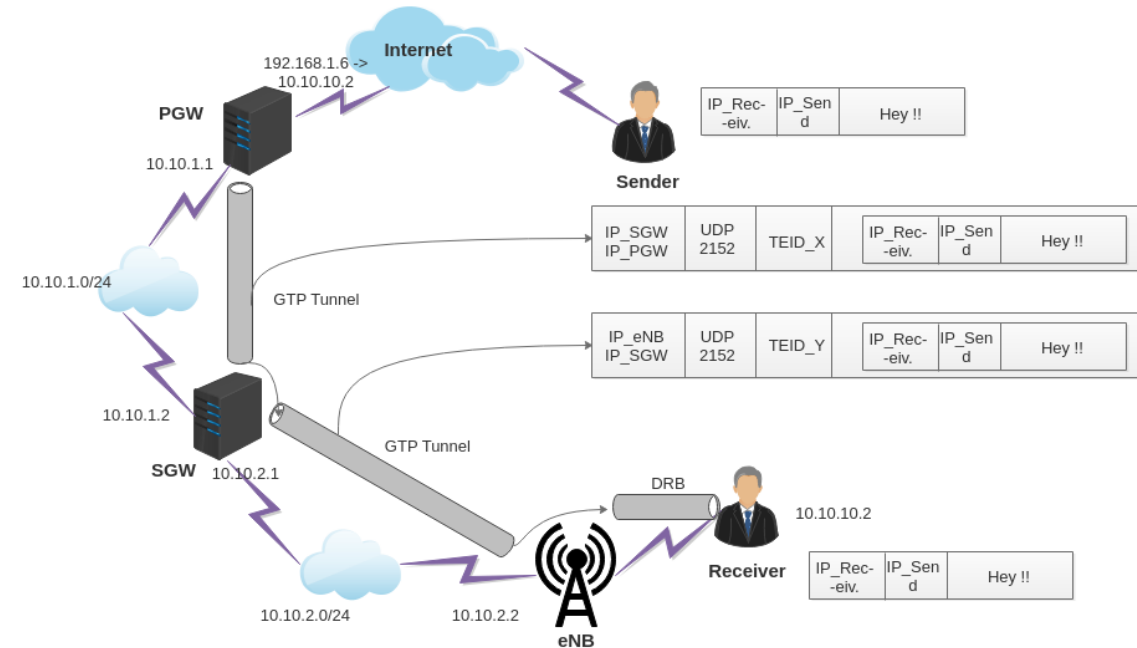
# Contexto GTP e PDP

## • GTP

- GPRS Tunneling Protocol é um protocolo de tunelamento simples baseado em UDP/IP - usado tanto em GSM/GPRS quanto em UMTS.
- Identificado por um Tunnel Endpoint Identifier (TEID)
- Para cada EM:
  - um túnel GTP-C é estabelecido para sinalização
  - Vários túneis GTP-U, um por contexto PDP (ou seja, sessão), são estabelecidos para tráfego de usuários.

## • Contexto PDP

- Quando um MS se conecta à rede:
  - SGSN cria um contexto de Gestão da Mobilidade com informação sobre mobilidade e segurança para o MS.
  - Na ativação do contexto PDP (PDP - Packet Data Protocol), tanto o SGSN quanto o GGSN criam um contexto PDP, com informações sobre a sessão (ex. endereço IP, QoS, informações de roteamento, etc.)



**Nota: o valor é para 4G, mas é o mesmo aplica-se o princípio, trocando SGSN, GGSN e BSC por SGW, PGW e eNB**

# **3G**

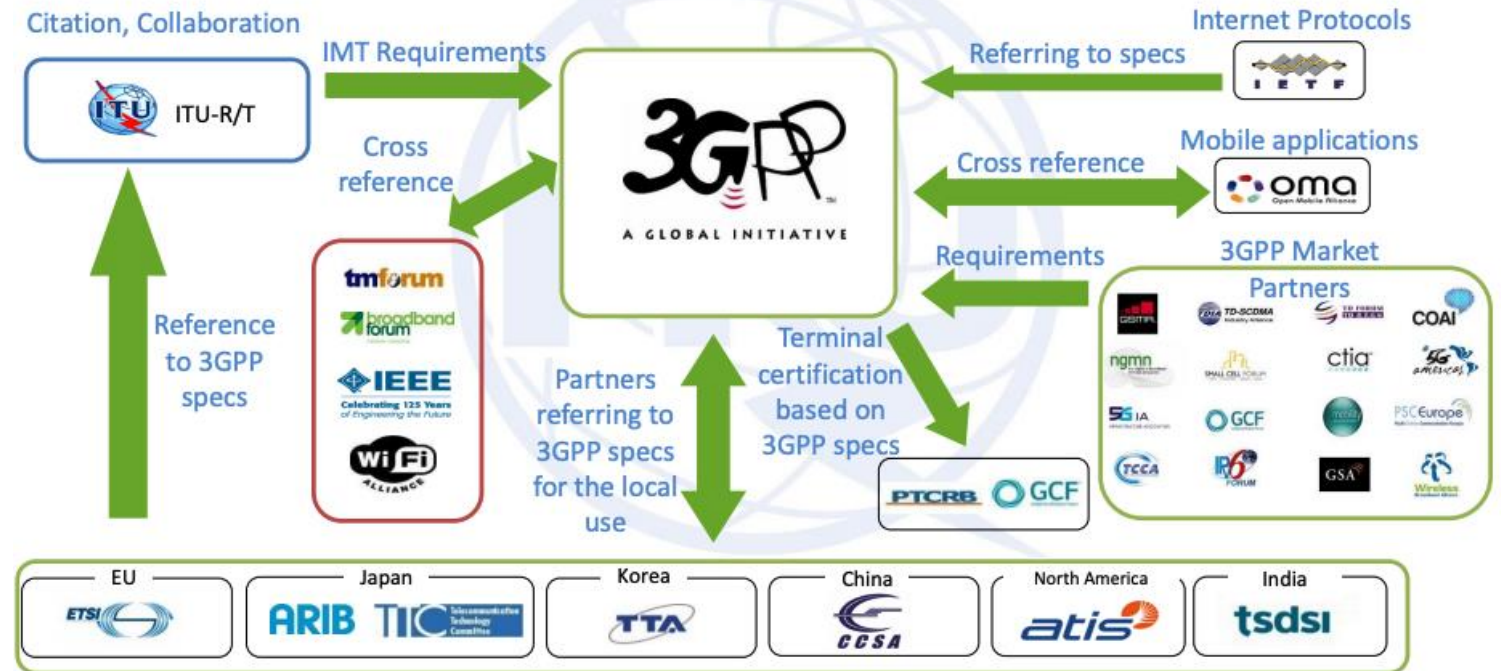
**Telecomunicações Móveis Universais  
Sistema**

# O que é 3GPP?

**3**terceiro**G**eração Projeto de Parceria - parceria de ODS regionais

“O escopo original do 3GPP (1998) era para **produzir Especificações Técnicas e Relatórios Técnicos para um Sistema Móvel 3G** com base em redes centrais GSM evoluídas e nas tecnologias de acesso de rádio que elas suportam (ou seja, Acesso de Rádio Terrestre Universal (UTRA), nos modos Duplex por Divisão de Frequência (FDD) e Duplex por Divisão de Tempo (TDD).

O escopo foi posteriormente alterado para incluir a manutenção e desenvolvimento do Técnico Especificações e relatórios técnicos para tecnologias 3GPP evoluídas, **além do 3G.**”

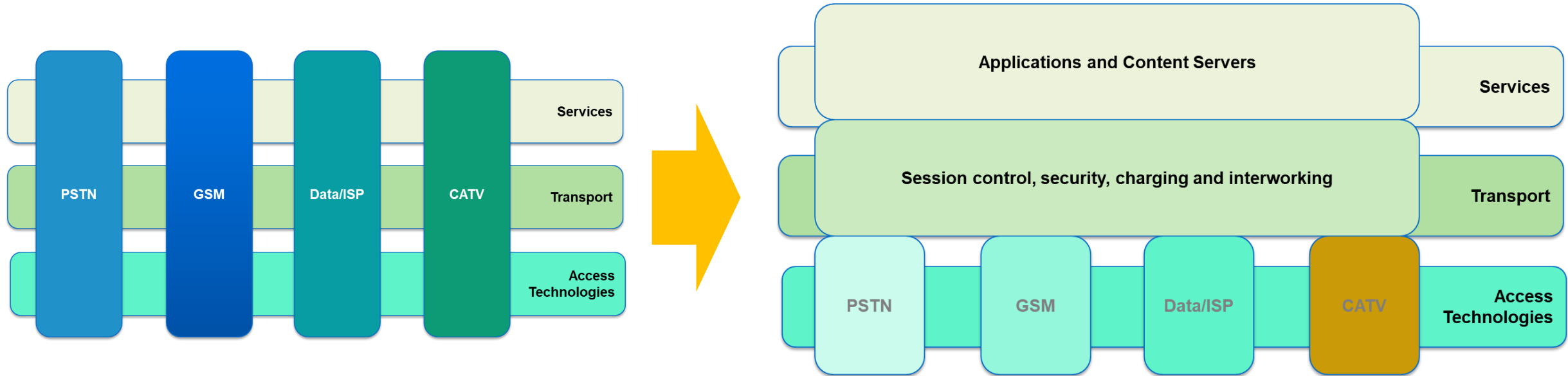


**KEY INSIGHT:** Delegates to each body do the work (in 3GPP, or other SDOs.)  
Sharing information, citation, alignment can be done by LS.

**Os SDOs pegam as especificações 3GPP e as transpõem para padrões regionais. Endereços:**

Sistemas 3G (IMT-2000) baseados na rede core GSM evoluída e no Acesso Rádio Terrestre Universal (UTRA), nos modos FDD e TDD; GSM, incluindo tecnologias evoluídas de acesso por rádio GSM (GPRS/EDGE/GERAN)

# Modelo de Telecomunicações 3GPP/TISPAN



**Serviços e protocolos convergentes de telecomunicações e Internet para redes avançadas** é um organismo de normalização do ETSI, especializado em redes fixas e convergência de Internet

# UMTS

- **Sistema Universal de Telecomunicações Móveis – sistema 3G**
- **Orientado para a difusão generalizada de serviços e tendências futuras dos usuários: combina “celular, “wireless”, “Internet”, etc...**
- **“multimídia em todos os lugares”**
- **Desenvolvido para ter um caminho evolutivo a partir dos sistemas 2.5G; evolução progressiva (GPRS-EDGE-UMTS)**

## Especificação

Flexível

**Lida com vários fluxos multimídia em uma única conexão.**

Suporte ao transporte de pacotes

Mecanismos de codificação flexíveis (FDD/TDD WCDMA)

Taxas de transmissão variáveis

Máx. 384 Kbps para cobertura global (inicialmente)

Máx. 2Mbps para cobertura local (inicialmente)

Qualquer dispositivo

Qualquer tecnologia de acesso

Em qualquer lugar

**SEMPRE MELHOR CONECTADO**

**Uma rede, múltiplas tecnologias de acesso**

**Controle de Sessão Comum**

**Servidores de aplicativos genéricos**

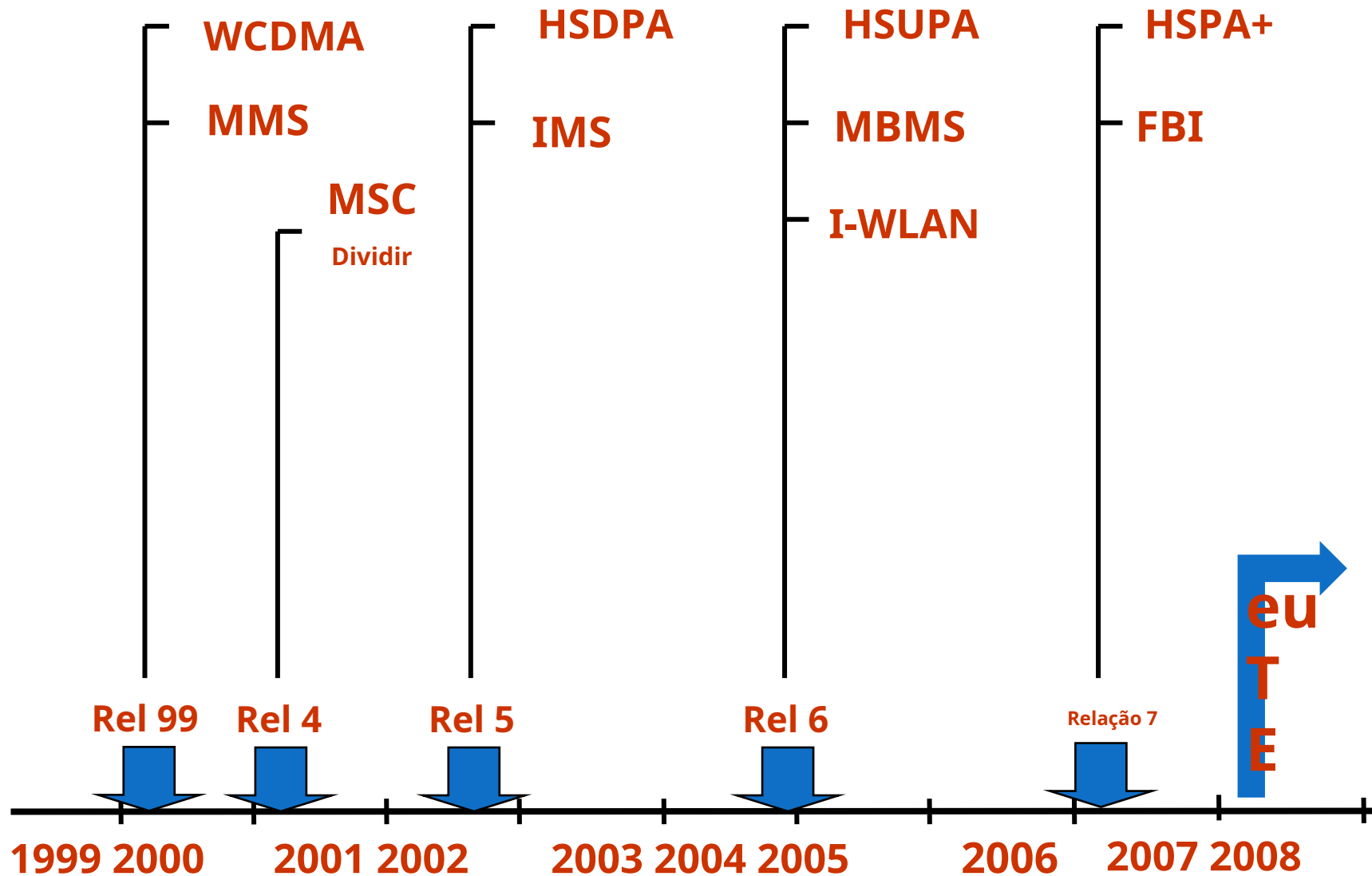
**Conjunto único de serviços que aplicam rede  
largo**

**Experiência de usuário consistente**

**Eficiência operacional**

**Novos serviços/aplicativos**

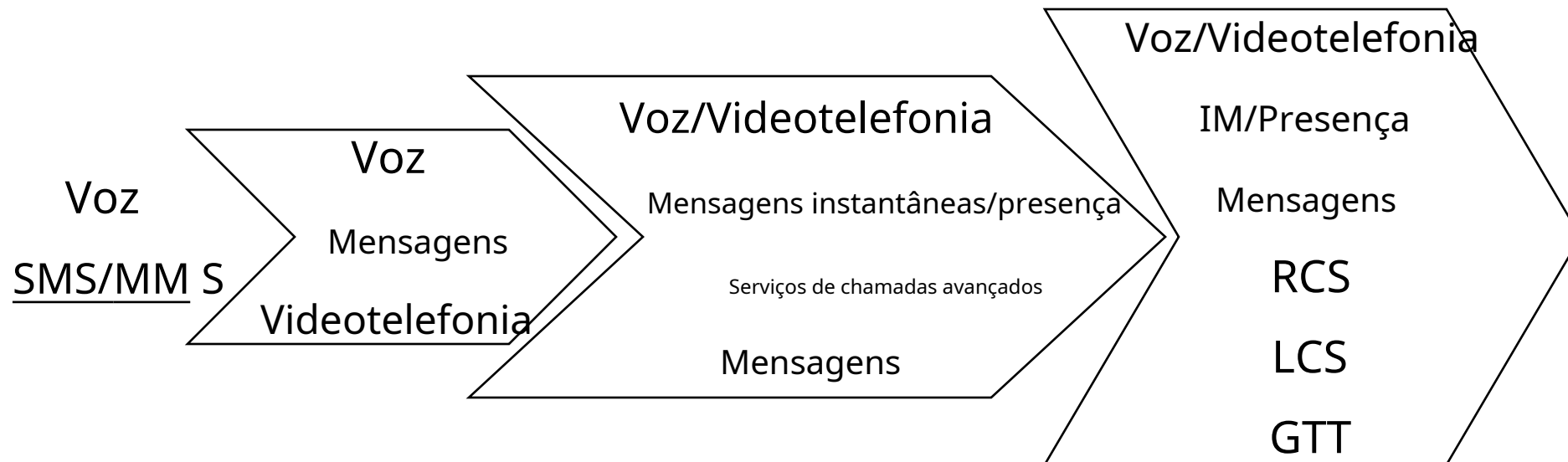
# Evolução UMTS (lançamentos 3GPP)



# Services evolution in UMTS R99/R4/R5/R6 networks

<i>Liberar</i>	<i>Serviços</i>
R99	MMS, streaming, LCS (celular), MExE, SAT, VHE,
R4	TrFO, VHE, OSA, LCS em PS e CS,
R5	VoD, IMS, HSDPA, AMR de banda larga, GTT
R6	MBMS, IMS fase 2

## Evolução dos serviços (voz e serviços interpessoais)

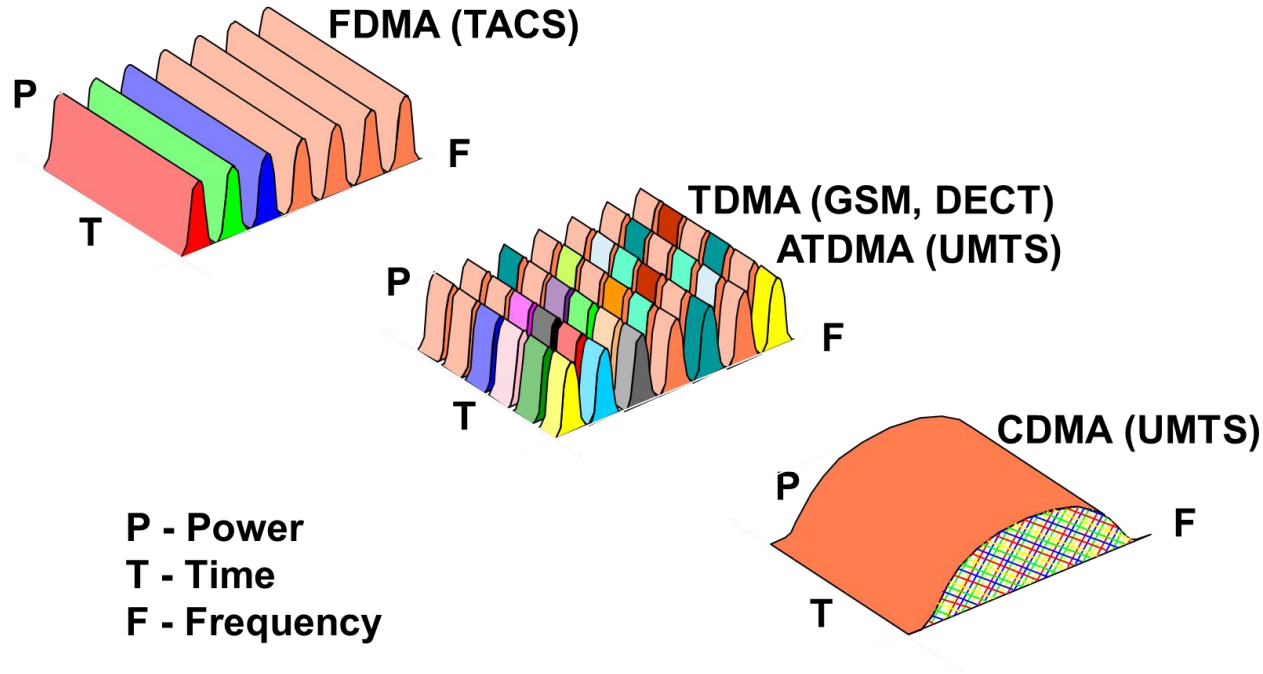


# UMTS – interface aérea

- **UTRA-FDD:**
  - *ligação ascendente:* 1920 – 1980 MHz(60MHz)
  - *link descendente:* 2110 – 2170 MHz(60MHz)
- **UTRA-TDD:**
  - 1900 – 1920 MHz(20MHz)
  - 2010 – 2025 MHz(15MHz)
- **Em Portugal:**
  - 2x15 MHz para UTRA-FDD
  - 1x5 MHz para UTRA-TDD



# Mecanismos de multiplexação



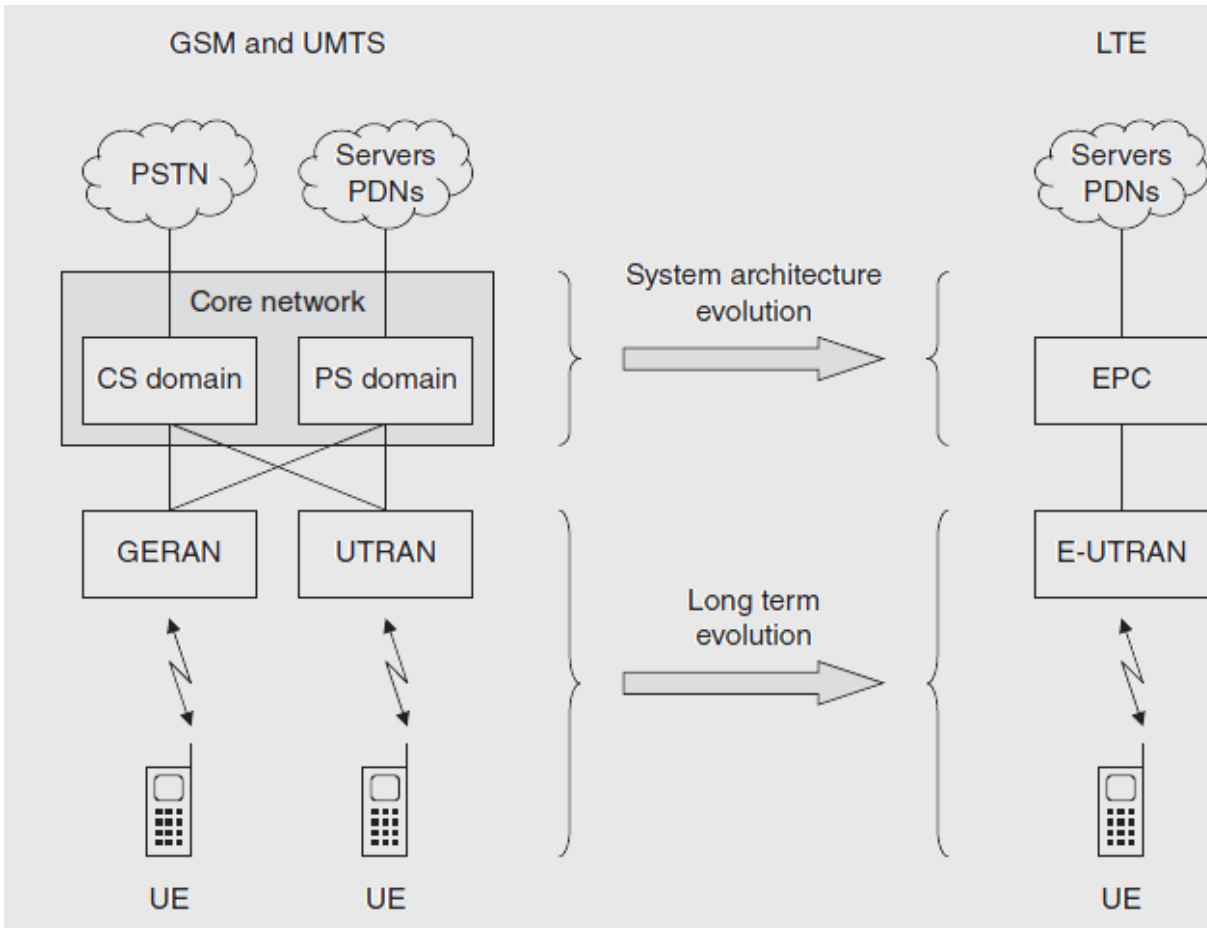
CDMA é uma forma de tecnologia de espectro espalhado de sequência direta que permite que muitos usuários ocupem as mesmas alocações de tempo e frequência em um determinado banda/espço. O CDMA atribui a cada usuário um código de espalhamento exclusivo para espalhar os dados da banda base antes da transmissão, a fim de ajudar a diferenciar os sinais de vários usuários no mesmo espectro.

- Maior capacidade e cobertura, mantendo compatibilidade com 2G
- Suporta a flexibilidade necessária, com múltiplas conexões paralelas
- Acesso eficiente a pacotes

# **4G**

**Evolução de longo prazo/núcleo de pacote evoluído  
(LTE/EPC)**

# Simplificação da rede

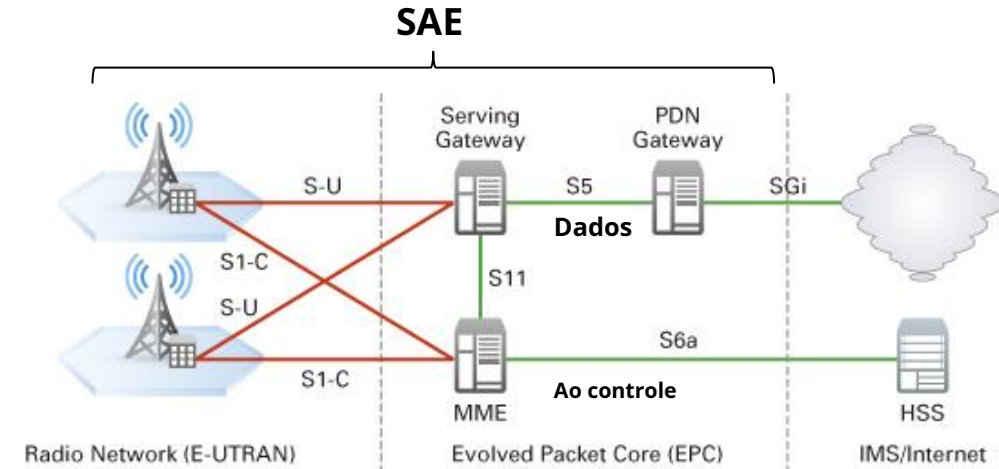


Feature	UMTS	LTE
IP version support	IPv4 and IPv6	IPv4 and IPv6
USIM version support	Release 99 USIM onwards	Release 99 USIM onwards
Transport mechanisms	Circuit & packet switching	Packet switching
CS domain components	MSC server, MGW	n/a
PS domain components	SGSN, GGSN	MME, S-GW, P-GW
IP connectivity	After registration	During registration
Voice and SMS applications	Included	External

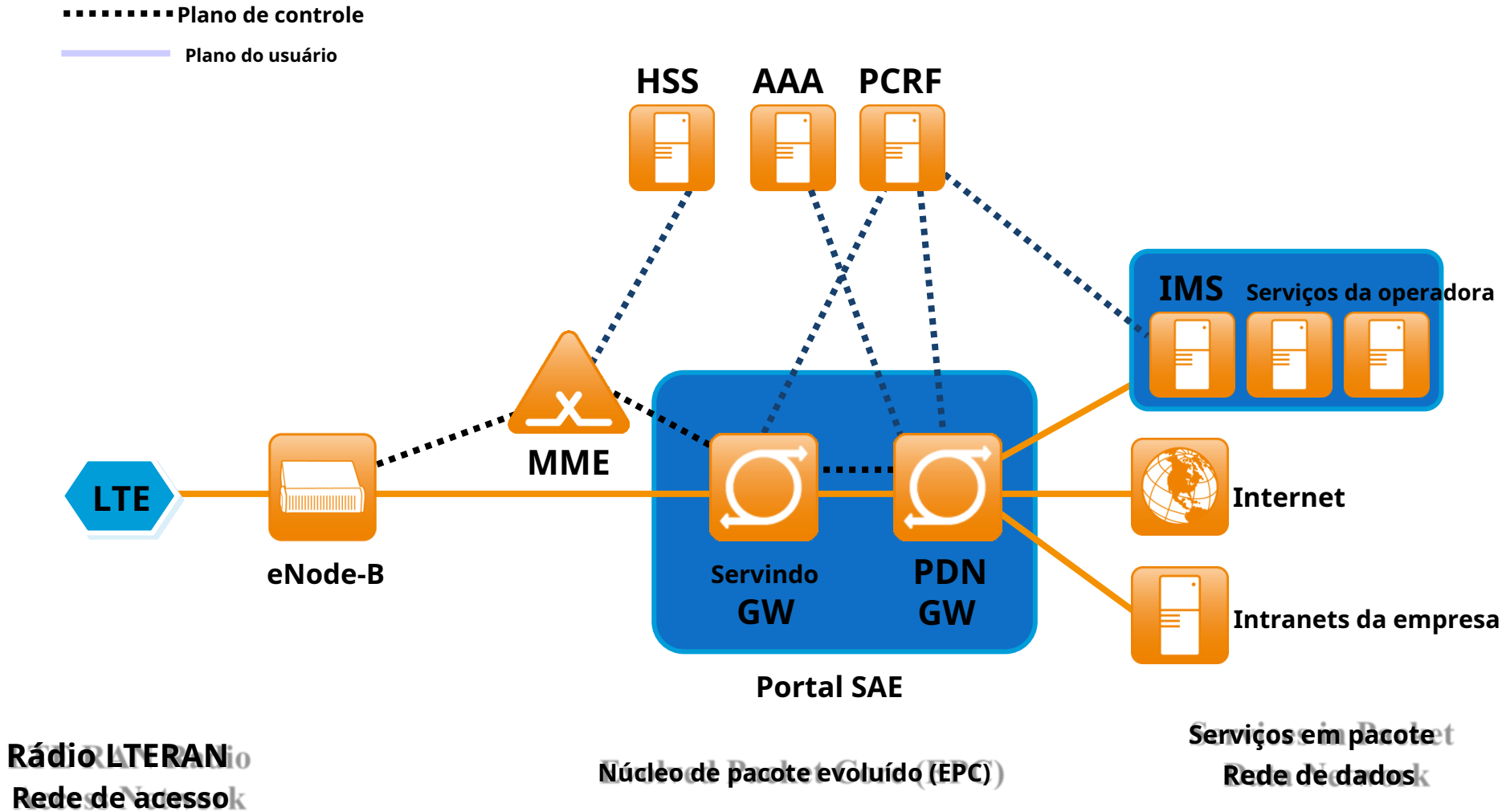
# Evolução da Arquitetura do Sistema 3GPP

## Filosofia (SAE)

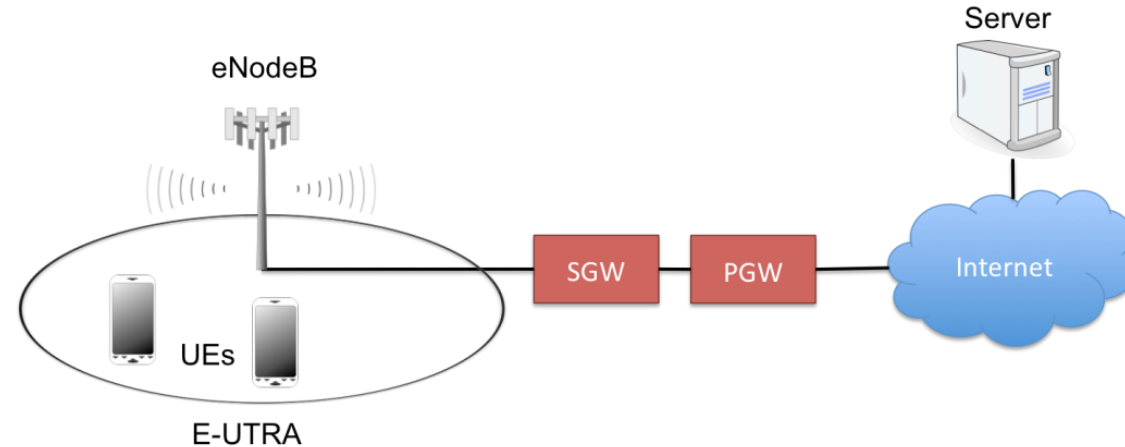
- O foco da SAE está em:
  - **aprimoramento da tecnologia Packet Switched para lidar com o rápido crescimento do tráfego IP**
    - taxas de dados mais altas
    - menor latência
    - sistema otimizado de pacotes
  - **através**
    - rede totalmente IP
      - Além dos serviços IMS disponíveis no sistema atual, serviços CS equivalentes podem ser fornecidos pelo núcleo IMS, uma vez que O domínio CS não é compatível com LTE
    - arquitetura de rede simplificada
      - Um número reduzido de nós no núcleo do pacote evoluído pode ser alcançado em comparação com a arquitetura atual para fornecer conectividade ao IMS
    - controle distribuído
      - Acomodação flexível e implantação de tecnologias de acesso novas e existentes com mobilidade através de uma rede comum baseada em IP



# Arquitetura EPC

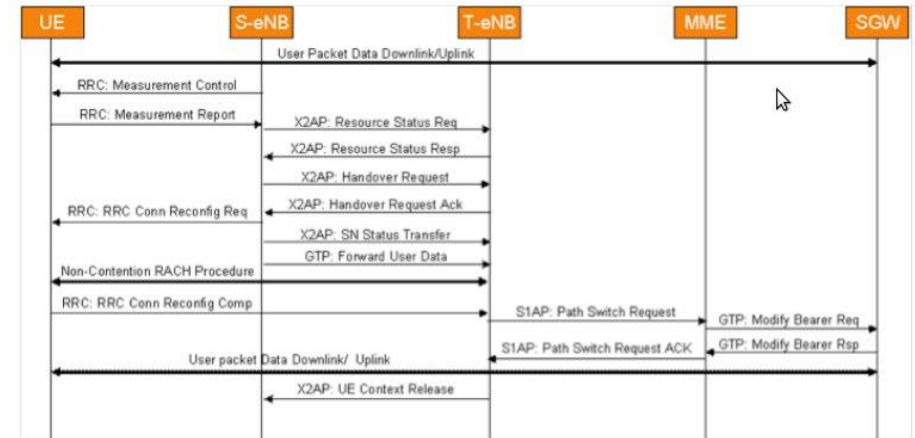
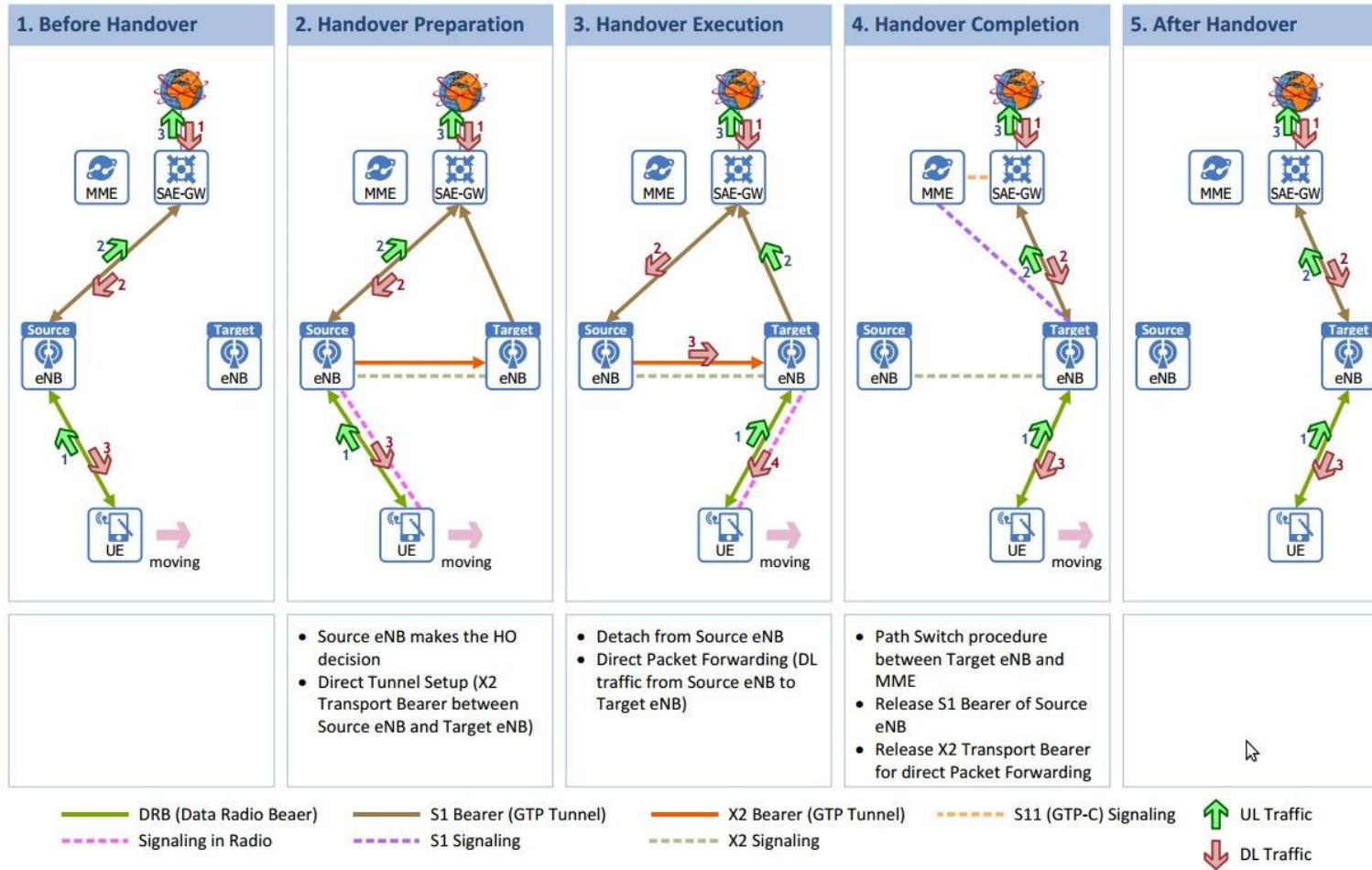


# Rede LTE



- **Gateway de rede de entrega de pacotes (PGW)**
  - **Conecta rede LTE a redes IP**
- **Gateway de serviço (SGW)**
  - **Rotear pacotes de e para pontos de acesso sem fio**
- **Nó B aprimorado (eNodeB)**
  - **Ponto de acesso sem fio**
- **Equipamento do usuário (UE)**
  - **Dispositivos do usuário final**

# Processo de transferência no SAE



# Evolução de Longo Prazo (LTE)

- **Long Term Evolution (LTE) – Padrão criado pelo Projeto de Parceria de 3ª Geração**
  - **Implantado globalmente**
  - **Todas as redes comutadas por pacotes**
  - **Considerações de alto rendimento e QoS**
  - **Fornece retransmissões sem fio de dados perdidos**

Technology	3G	4G
Data Transfer Rate	3.1MB /sec	100MB/sec
Internet services	Broadband	Ultra Broadband
Mobile -TV Resolution	Low	High
Bandwidth	5 - 20 MHz	100 +MHz
Frequency	1.6- 2 GHZ	2 – 8 GHz
Network Architecture	Wide Area Network	Hybrid Network



# Evolução do rádio

## Tecnologia de rádio mais flexível e resiliente

Feature	WCDMA	LTE
Multiple access scheme	WCDMA	OFDMA and SC-FDMA
Frequency re-use	100%	Flexible
Use of MIMO antennas	From Release 7	Yes
Bandwidth	5 MHz	1.4, 3, 5, 10, 15 or 20 MHz
Frame duration	10 ms	10 ms
Transmission time interval	2 or 10 ms	1 ms
Modes of operation	FDD and TDD	FDD and TDD
Uplink timing advance	Not required	Required
Transport channels	Dedicated and shared	Shared
Uplink power control	Fast	Slow
Radio access network components	Node B, RNC	eNB
RRC protocol states	CELL_DCH, CELL_FACH, CELL_PCH, URA_PCH, RRC_IDLE	RRC_CONNECTED, RRC_IDLE
Handovers	Soft and hard	Hard
Neighbour lists	Always required	Not required

# 5G

*“Permitir uma sociedade perfeitamente conectada no período de 2020 e além, que reúna pessoas com coisas, dados, aplicações, sistemas de transporte e cidades em um ambiente de comunicações em rede inteligente”*

UIT-R (União Internacional de Telecomunicações)