

5G 标准规范丛书

深入浅出

# 5G 移动通信标准和架构

(原书：第一版)

5G 哥 / 编著    5G 通信 / 出品



关注公众号，更多 5G 精彩

## 前言

这些年来，移动通信的迅速发展，给我们的生活带来了日新月异的变化。作者作为从 2G 开始发展时就参与这段波澜壮阔移动通信发展史的人员，如今，已走到了 5G 前夕。

移动通信的发展促进了整个社会的进步，但同时，移动通信的发展自身又遇到了瓶颈，原来由少数人才能用的手机，如今已人人使用，原来移动网速慢、流量贵，在 4G 时代已解决了人们日常使用的网络速度，而流量资费也下降幅度巨大，人们的需求已得到满足了，那么，移动通信是否不再往前发展了呢？显然不是，万物互联的时代已经来临，5G 不仅仅是要在 4G 移动宽带的基础上将移动网速提高到极致，时延、可靠性提升，满足未来各种场景的应用，更是要将万物互联，将所有的物品纳入网络。5G，更应该是一个平台，实现与各种服务的无线连接，包括现有的，以及以后未来我们所不能预测的，在任何地方，随时提供任何人和任何物，一定会超越目前的想象，对社会产生深远的影响。

对 5G 的解读，最基础的根本，在于对 3GPP 的 5G 标准进行解读。但 5G 标准是英文版，国人受限于母语非英文，对英文版的标准解读存在诸多障碍，而通信标准由于专业性太强，翻译者必须同时具备英文和对通信的深刻理解，而在国内寥寥有翻译版本，对我国通信从业者在 5G 与世界同步上造成了障碍。笔者作为多年通信从业者，在 5G 独立组网标准出来以后，逐步开始了 5G 标准的翻译工作，至今已翻译了 120 万字的 5G 关键标准协议，并共享给通信从业者查阅。但阅读这么多 5G 标准，对许多人来说仍然存在障碍，于是，笔者便编写了本书，让读者更好的理解 5G 移动通信标准与架构。

本书从 5G 基本概念，到 5G 的系统架构，再到物理层、无线接入网、接口协议、核心网、5G 基站与频谱、5G 用户终端等逐一对 5G 的标准进行描述，由浅入深，让读者逐渐了解，鉴于篇幅限制，不可能对每项都有深入的剖析，为了解决一些读者深入研究的需求，笔者将自己翻译的 5G 标准协议中文版，以及英文原版，都以二维码的形式放到每个章节末，读者对中不能理解的地方，或需要深入研究的地方，都可以用微信扫二维码即可查看。

5G 标准虽然已冻结了 R15 版本，冻结的意思即是已经确定的内容不再更改，但还留了很多 FFS（未来继续研究的），未来将不断进行补充更新。本书在线阅读版本的优势就是，能不断进行更新，3GPP 更新了以后，我们也会不断进行更新，让读者能打开本书，看到最新的 5G 标准，还能针对每个标准进行在线讨论。

本书成书过程有团队一致的努力，也有读者热心的参与，其中，本书的书名征集得到 300 多位读者的建议，最终采纳了 Jalusly Joe 的建议，在此感谢。当然，编者团队也有自己知识和视野的局限性，对于书中的不足之处，不完善之处，还请广大读者多指正。

编者团队  
2018.11

# 目录

## 第一章 5G 的基本概念 ..... 6

### 1.1 5G，有什么不同？ ..... 6

### 1.2 5G 的发展现状和前景 ..... 8

### 1.3 5G 的关键性能要求 ..... 9

#### 1.3.1 用户体验速率 ..... 10

#### 1.3.2 连接密度 ..... 10

#### 1.3.3 时延 ..... 10

#### 1.3.4 可用性，可靠性 ..... 11

#### 1.3.5 移动性 ..... 11

#### 1.3.6 其它 ..... 11

## 第二章 5G 的系统架构 ..... 13

### 2.1 无线接入网架构 ..... 13

#### 2.1.1 NG-RAN 基本架构 ..... 13

#### 2.1.2 NG-RAN 节点的功能 ..... 14

#### 2.1.3 无线接入网的网络接口 ..... 16

#### 2.1.4 用户面协议栈 ..... 19

#### 2.1.5 控制面协议栈 ..... 22

### 2.2 5G 核心网 (5GC) 基本架构 ..... 26

#### 2.2.1 5G 核心网的十大关键原则 ..... 26

#### 2.2.2 不同场景下的网络架构 ..... 26

#### 2.2.3 基于服务的接口和参考点 ..... 39

### 2.3 5G 部署和网络切片 ..... 40

#### 2.3.1 5G 网络部署 ..... 40

#### 2.3.2 网络切片 ..... 44

## 第三章 5G 物理层 ..... 48

### 3.1 物理层是用来做什么的？ ..... 48

#### 3.1.1 物理层概述 ..... 48

#### 3.1.2 物理层提供的服务 ..... 49

### 3.2 物理层信道和调制 ..... 53

#### 3.2.1 概述 ..... 53

##### 3.2.1.1 什么是调制技术？ ..... 53

##### 3.2.1.2 物理信道和物理信号定义 ..... 54

#### 3.2.2 帧结构 ..... 55

##### 3.2.2.1 帧和子帧 ..... 55

##### 3.2.2.2 时隙 (Slots) ..... 55

#### 3.2.3 调制的过程 ..... 56

#### 3.2.4 上行调制 ..... 61

#### 3.2.5 下行调制 ..... 62

### 3.3 复用方式和信道编码 ..... 63

#### 3.3.1 上行链路传输信道和控制信息 ..... 63

#### 3.3.2 下行链路传输信道和控制信息 ..... 64

#### 3.3.3 信道编码 ..... 64

### 3.4 物理层的控制流程 ..... 77

#### 3.4.1 同步流程 ..... 77

#### 3.4.2 无线链路监控 ..... 80

#### 3.4.3 链路恢复流程 ..... 81

#### 3.4.4 上行链路功率控制 ..... 82

#### 3.4.5 随机接入流程 ..... 82

#### 3.4.6 用户终端 (UE) 报告控制信息流程 ..... 82

#### 3.4.7 用户终端 (UE) 接收控制信息流程 ..... 83

### 3.5 物理层的数据流程 ..... 84

#### 3.5.1 功率控制 ..... 84

#### 3.5.2 物理下行链路共享信道相关流程 ..... 85

#### 3.5.3 物理上行链路共享信道相关流程 ..... 86

### 3.6 物理层的测量流程 ..... 87

#### 3.6.1 NG-RAN 测量能力 ..... 87

#### 3.6.2 UE 测量功能 ..... 88

## 第四章 5G 无线接入网和接口协议 ..... 97

### 4.1 NG-RAN 的整体架构，节点 ..... 97

#### 4.1.1 架构与部署 ..... 97

#### 4.1.2 用于分离 gNB-CU-CP 和 gNB-CU-UP 的总体架构 ..... 98

#### 4.1.3 NG-RAN 节点中的 UE 关联 ..... 99

### 4.2 用户平面和控制平面 ..... 100

#### 4.2.1 用户平面 ..... 100

#### 4.2.2 控制平面 ..... 100

### 4.3 无线接入网的接口协议 ..... 101

#### 4.3.1 NG 接口协议 ..... 101

#### 4.3.2 Xn 接口协议 ..... 124

#### 4.3.3 F1 接口协议 ..... 139

#### 4.3.4 E1 接口协议 ..... 139

<b>4.4 NG-RAN 架构中的整体流程.....</b>	<b>139</b>	5.3.8 NG-RAN 位置报告流程.....	227
4.4.1 UE 初始接入流程.....	139	5.3.9 与 EPC 的系统互通流程.....	228
4.4.2 内部 gNB-CU 移动性.....	141	5.3.10 非 3GPP 接入的流程.....	232
4.4.3 丢失 PDU 的集中重传机制.....	143	<b>5.4 用户接入和连接管理.....</b>	<b>233</b>
4.4.4 多连接操作.....	144	5.4.1 用户网络接入控制.....	233
4.4.5 F1 启动和小区激活.....	146	5.4.2 注册和连接管理.....	233
4.4.6 RRC 状态转换.....	147	5.4.3 3GPP 标准接入的具体流程.....	235
4.4.7 RRC 连接重建.....	149	5.4.4 非 3GPP 标准接入的具体流程.....	239
4.4.8 用于 F1-C 的多种 TNLAs.....	150	5.4.5 用户会话管理.....	240
4.4.9 涉及 E1 和 F1 的整体流程.....	150	5.4.6 服务质量 (QoS) 控制.....	242
4.4.10 gNB 同步流程.....	157	5.4.7 用户身份标识.....	246
<b>4.5 新空口 (NR) 数据链路层控制协议.....</b>	<b>157</b>	5.4.7.4 5G 全球唯一临时标识符.....	246
4.5.1 媒体接入控制 (MAC).....	157	5.4.8 支持双连接, 多连接.....	248
4.5.2 无线链路控制 (RLC).....	176	5.4.9 计费管理.....	248
4.5.3 分组数据汇聚协议 (PDCP).....	187	<b>5.5 网络切片.....</b>	<b>251</b>
4.5.4 服务数据适配协议 (SDAP).....	189	5.5.1 网络切片的概念.....	251
<b>4.6 移动性和无线资源管理.....</b>	<b>189</b>	5.5.2 识别和选择网络切片: S-NSSAI 和 NSSAI.....	251
4.6.1 RRC 子层主要功能描述.....	189	5.5.3 用户方面的选择.....	252
4.6.2 系统信息 (SI).....	191	5.5.4 UE NSSAI 配置和 NSSAI 存储方面.....	253
4.6.3 RRC 连接控制.....	192	5.5.5 如何实现网络切片.....	254
4.6.4 RAT 间移动性.....	193	5.5.6 网络切片支持漫游.....	255
4.6.5 RRC 协议数据单元, 格式和参数 (ASN.1).....	194	5.5.7 网络切片和与 EPS 的互通.....	256
<b>4.7 上行链路和下行链路处理.....</b>	<b>195</b>	5.5.8 PLMN 中网络切片可用性的配置.....	256
<b>4.8 安全和服务质量控制.....</b>	<b>195</b>	<b>5.6 网络开放性支持 NFV 和 SDN.....</b>	<b>256</b>
4.8.1 服务质量控制.....	195	5.6.1 网络能力的开放性.....	256
4.8.2 安全控制.....	197	5.6.2 虚拟化部署的架构支持.....	257
<b>第五章 5G 核心网.....</b>	<b>201</b>	5.6.3 NFV 和 SDN.....	257
<b>5.1 5G 核心网网络功能和节点.....</b>	<b>201</b>	<b>5.7 网络安全管理.....</b>	<b>261</b>
5.1.1 网络功能 (NF) 的功能描述.....	201	5.7.1 网络安全控制.....	261
5.1.2 网络功能服务.....	206	5.7.2 非 3GPP 接入的安全模型.....	261
5.1.3 网络功能原理服务发现和选择.....	210	5.7.3 PDU 会话用户平面安全性.....	261
<b>5.2 控制和用户平面协议栈.....</b>	<b>211</b>	<b>第六章 5G 基站和频谱.....</b>	<b>264</b>
5.2.1 控制平面协议栈.....	211	<b>6.1 5G 频谱大全和介绍.....</b>	<b>264</b>
5.2.2 用户平面协议栈.....	215	6.1.1 5G 的两个频段区域 FR1 和 FR2.....	264
<b>5.3 5GC 的系统流程.....</b>	<b>216</b>	6.1.2 5G 的频段编号.....	264
5.3.1 连接, 注册和移动管理流程.....	216	6.1.3 信道带宽.....	266
5.3.2 会话管理流程.....	220	<b>6.2 基站 (BS) 无线传输和接收.....</b>	<b>272</b>
5.3.3 SMF 和 UPF 互动流程.....	221	6.2.1 基站的类型和要求.....	272
5.3.4 用户档案管理流程.....	223	6.2.2 操作频段和信道安排.....	274
5.3.5 安全流程.....	224	6.2.3 传导发射端特性.....	276
5.3.6 RAN-CN 相互作用.....	225	6.2.4 传导接收端特性.....	282
5.3.7 切换流程.....	226	6.2.5 发射端特性.....	282
		6.2.6 接收端特性.....	286

6.2.7 发射接收器特性 .....	286	P.....	326
<b>6.3 基站 (BS) 电磁兼容性和一致性测试.....</b>	<b>287</b>	Q.....	328
6.3.1 测试条件和性能标准 .....	287	R.....	329
6.3.2 传导发射测试 .....	292	S.....	331
6.3.3 抗扰度测试 .....	293	T.....	334
<b>第七章 5G 用户终端 (UE) .....</b>	<b>298</b>	U.....	336
<b>7.1 用户终端 (UE) 的无线接入能力.....</b>	<b>298</b>	V.....	337
7.1.1 UE 支持的最大数据速率 .....	298	W.....	337
7.1.2 UE 能力参数介绍 .....	300		
7.1.3 有条件的强制性功能 .....	304		
<b>7.2 用户设备 (UE) 无线发送和接收.....</b>	<b>304</b>		
7.2.1 概述 .....	304		
7.2.2 用户终端 (UE) .....	305		
<b>7.3 用户设备对无线资源管理的规范要求 .....</b>	<b>305</b>		
7.3.1 SA : RRC_IDLE 状态移动性 .....	305		
7.3.2 SA : RRC_INACTIVE 状态移动性 .....	307		
7.3.3 RRC_CONNECTED 状态移动性 .....	308		
<b>7.4 用户终端 (UE) 的定位 .....</b>	<b>310</b>		
<b>7.5 移动终端和辅助设备电磁兼容性 (EMC) 要求 .....</b>	<b>311</b>		
<b>附录 5G 通信词汇大全 .....</b>	<b>312</b>		
0-9 .....	312		
A.....	312		
B.....	313		
C.....	314		
D.....	317		
E.....	317		
F.....	319		
G.....	319		
H.....	320		
I.....	320		
K.....	322		
L.....	322		
M.....	323		
N.....	325		
O.....	326		

# 第一章 5G 的基本概念

## 1.1 5G，有什么不同？

### 漫话移动通信发展史

人类从刀耕火种，农业社会，再到工业革命，再到信息社会，每一步都会出现关键技术来驱动，而移动通信技术无疑为信息社会的发展做出了卓越的贡献。

在上世纪 70 年代，第一代模拟移动通信系统的出现，首次将人们带入个人移动通信时代，1981 年诞生了第一代蜂窝移动系统，采用模拟技术，调频信号和数字信令信道，也就是我们所谓的 1G。民用移动通信的出现当然是革命性的，但 1G 的缺陷也很明显，一是容量太小，模拟技术对频谱的利用率太低，当时的交换技术发展也还不够，无法接入大量用户，只成为了少数人的奢侈品；二是保密性差，非常容易截取；三是各自独立标准，不能漫游，北欧部署的 NMT，德国部署的 C-Netz，英国部署的 TACS 系统，北美部署的 AMPS 系统，相互之间不能漫游。

1982 年欧洲邮电管理大会 (CEPT) 决定开发第二代移动通信系统，也就是大名鼎鼎延续到至今还在用的 GSM (Global System for Mobile communications) 系统，1991 年开始在大规模部署，实现了全球漫游（少数国家除外，北美、日本都新部署一套标准竞争，但最终未能成为主流），并使用了混合的时分多址 (TDMA) 和频分多址 (FDMA) 技术，从模拟技术迈向了数字技术，使用户容量得到了大幅的提高。

GSM 是迄今覆盖面积最广、使用时间最长的网络，巅峰时在世界范围内拥有近 45 亿用户，至今，还在大规模使用，时间跨度达近 30 年。2G 为移动通信的普及和拉近世界距离上，做出了卓越的贡献。同时，它的局限性也非常多，其中最大的问题，是不能满足人们对移动宽带流量的需求。在 2G 时代，为数据业务提供支持的是 GSM 上的 GPRS（分组数据业务）和 EDGE，以及美国的 CDMA 技术，被俗称为 2.5G 技术，至今仍然在一些告警、监控等领域使用，但它们的速率是远远达不到人们的使用需求的，特别是智能手机的兴起，对流量的需求已非常迫切。

人们意识到 3G 的发展必须在全球范围内进行，由此，形成了第三代合作伙伴计划，也就是我们所说的 3GPP，来完成 3G 标准的制定，最后在国际电联形成了 WCDMA、TD-SCDMA 和 CDMA2000 技术标准，供全球运营商部署 3G 网络。WCDMA 的第一个标准版本 (R99) 在 1999 年就已出炉，之后又不断演进版本，但在初期部署 3G 网络的国家并不多，原因是发展中国家还有很多没有普及手机，这些国家 2G 建设才是主流，而智能手机虽然出现了塞班等，但应用还很少，直到乔布斯 2007 年发布 iPhone，谷歌推出安卓系统，智能手机爆发性的发展，各运营商才大量部署 3G 网络，我国也在这个时期发放了 3G 牌照，正式步入了 3G 时代。

3G 虽然在移动宽带上是 2G 时代的几十倍，技术上的领先，当初欧洲一些发达国家对它过于乐观，牌照的拍卖动辄几百亿美元，而投资建设后发现并没带来收入的大幅的增长，因为早期 iPhone 和安卓没出来智能机发展不如意，导致早期发展 3G 的运营商亏损严重，直到 2007 年以后。

2007 年 1 月 9 日，乔布斯发布了第一代 iPhone。



但 3G 无疑是悲剧的，智能手机的爆发性发展一发不可收拾，人们需要再快更快的移动网络，更低的流量资费，因此，在 3G 刚迎来春天的时候，4G 就来了，2008 年，3GPP 提出了长期演进技术 (Long Term Evolution, LTE) 作为 3.9G 技术标准，实际上准 4G 技术的 LTE 第一个版本标准 (R8) 就开始出炉，紧接着 2009 年底，全球第一个 LTE 商用网络就开始部署，从使用时长来说，3G 无疑成为了最短的一个，尤其是中国移动的 TD-SCDMA 网络，巨大的投入又快速被 4G 替代，令人唏嘘。

4G LTE 一开始就是为分组数据业务而生，并且早期并不支持语音，移动宽带就是其发展的焦点，其对高速率、低延迟和高容量就有严格要求。而且，在 LTE 上不再产生多种制式，只有 FDD 和 TDD 两种双工模式，在统一化标准上也大大优于 3G 网络。LTE 的演进包括改进的天线技术、多站点协调、利用碎片频谱和密集部署等上面都有很强的优势，LTE 还支持大规模机器类通信和引入了机器对机器的通信，拓展了移动宽带的使用范围。

## 5G 是移动通信系统稳定、高速、可靠的延续

通信系统的稳定、高速、可靠，在 5G 时代将得到延续和增强。虽然互联网技术和模式的野蛮增长对传统的通信方式产生了激烈的冲击，特别是 OTT 应用快速发展对基础电信业务造成了重大影响，移动运营商的语音、短信都收到了很大的冲击，但稳定、高速、可靠仍然其不可比拟的。

5G 从标准制定上，就充分考虑到将这种优势继续发挥，无论是提升速率还是网络切片，还是开放性支持虚拟化部署，都首先考虑到稳定、可靠、安全等因素，因此，5G 将延续这种优势。

## 5G 是移动通信革命性的进展

很多人认为 5G 确实是未来的发展方向，但具体到哪些落地，又说不清楚，甚至于认为 5G 只比 4G 多了一个 G 而已，但笔者认为：5G 在移动通信领域绝对是革命性的，如果说以前的移动通信只是改变了人们的通信方式、社交方式，5G 则是改变了网络社会。

先看 5G 的三大场景：

(1) eMBB，即为“增强移动宽带”，就是以人为中心的应用场景，集中表现为超高的传输数据速率，广覆盖下的移动性保证等，这是最直观改善移动网速，未来更多的应用对移动网速的需求都将得到满足，从 eMBB 层面上来说，它是原来移动网络的升级，让人们体验到极致的网速。因此，增强移动宽带 (eMBB) 将是 5G 发展初期面向个人消费市场的核心应用场景。

(2) uRLLC，“高可靠低时延连接”。在此场景下，连接时延要达到 1ms 级别，而且要支持高速移动 (500KM/H) 情况下的高可靠性 (99.999%) 连接。这一场景更多面向车联网、工业控制、远程医疗等特殊应用，这类应用在未来潜在的价值极高，未来社会走向智能化，就得依靠这个场景得网络，这些应用的安全性、可靠性要求极高。

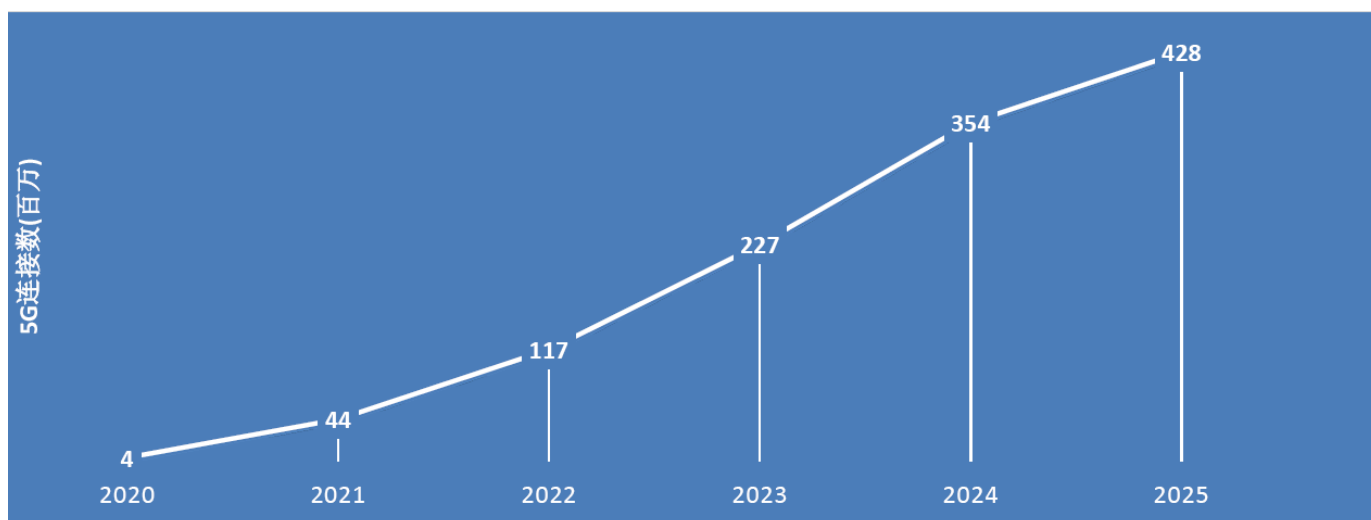
(3) mMTC, “海量物联”, 5G 强大的连接能力可以快速促进各垂直行业（智慧城市、智能家居、环境监测等）的深度融合。万物互联下, 人们的生活方式也将发生颠覆性的变化。这一场景下, 数据速率较低且时延不敏感, 连接覆盖生活的方方面面, 终端成本更低, 电池寿命更长且可靠性更高, 真正能实现万物互联。三大场景其实都提供了无限的可能性, 真正应用起来, 对未来社会都将产生深刻的影响。

再看 5G 提供了有两个很关键的技术: 网络切片和网络开放虚拟化。运营商可以很好的利用这两项技术进行开源节流。网络切片为用户提供个性化的服务, 来达到用户价值的增值; 而网络开放虚拟化, 则为运营商节省成本和快速升级提供保障, 开放性还为运营商打造平台提供机会。在这方面, 可以关注编者的文章。

## 1.2 5G 的发展现状和前景

5G 未来的前景方向在于: 差异化服务、海量物联网、垂直行业应用、开放平台化。运营商都普遍地关注 5G 能够带来价值的重要垂直行业市场, 包括汽车、传输、物流、能源/公共设施监测、安全、金融、医疗保健、工业和农业。例如行业正在向无人驾驶的方向发展, 运营商将其作为早期垂直市场的切入点。我国工信部、交通部积极推动 5G 的车联网技术研发和标准制定。BAT 等公司正在布局自动驾驶、云服务和汽车系统等方面, 有的企业已经推出了明确时间表。

中国市场 5G 连接数展望: (数据来源中国信通院)



全球主要国家 5G 时间表

**中国:**

- 中国移动计划 2019 年 5G 试商用, 到 2020 年实现正式商用;
- 中国电信已在广东省开展商用试点工作, 同样目标是在 2020 年提供商用服务。
- 中国联通也计划在 2020 年提供商用服务。

**美国:**

AT&T 已与爱立信、诺基亚等签署协议, 然后进行标准 5G 的商用, 并预期在 2018 年底之前进行商业部署。Verizon 已经发布了自己的 5G 技术规范, 并将在 2018 年进行固定无线的 5G 试点。T-Mobile 计划在 2019 年开始部署, 到 2020 年将实施“全国性”部署, Sprint 表示在 2019 年末实施商业部署。

**日本:**

软银和 NTT DoCoMo 都计划在 2020 年实施商业部署。



**韩国：**

KT 计划在 2018 年的平昌冬奥会上进行 5G 外场测试，并将商业部署计划提前到 2019 年。

SKT 2018 年将进行现场测试，并计划于 2019 年下半年进行商业部署。

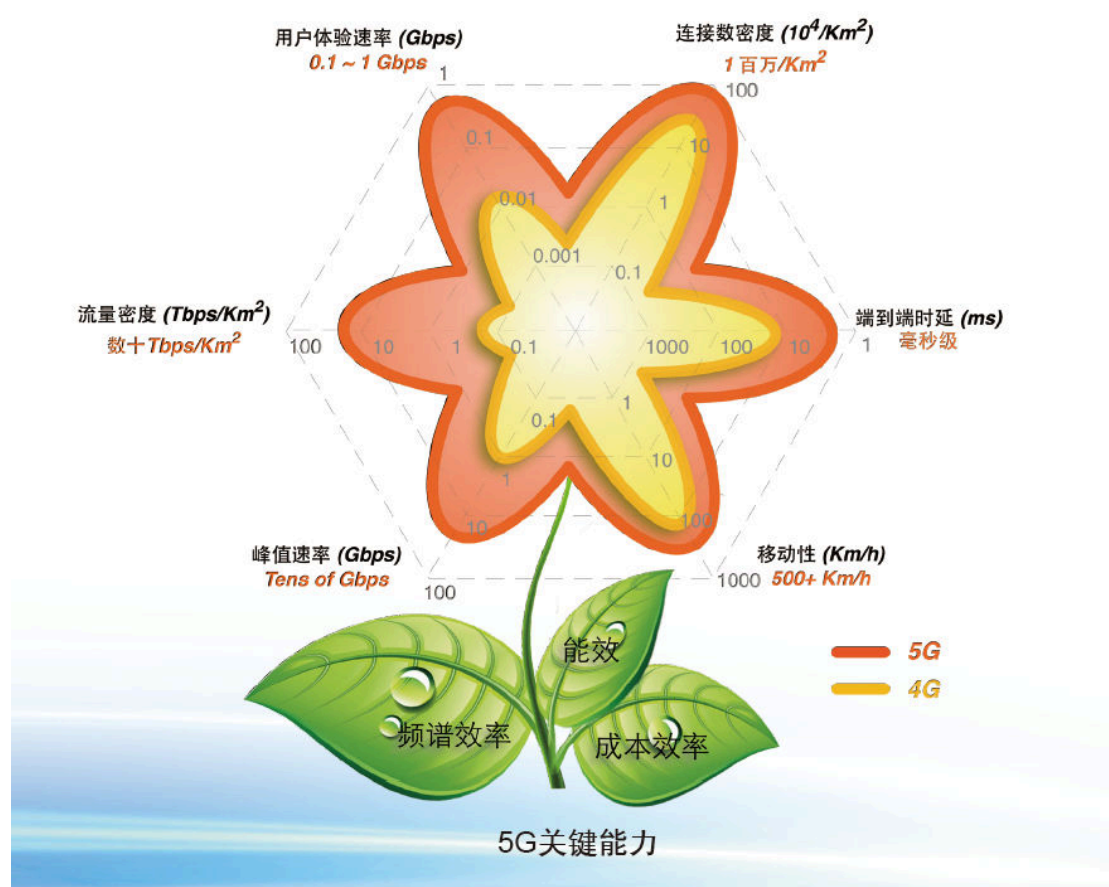
**欧洲：**

大规模商业引入的计划在 2020 年。到 2025 年，主要城市和传输路线将会覆盖 5G。

工信部 5G 已进行了第三阶段测试进展顺利，中国三大运营商已在 20 多各城市开展 5G 测试工作，2019 年底将进入试商用，2020 年正式商用。

## 1.3 5G 的关键性能要求

比较以往的通信网络，5G 网络因为几乎苛刻的要求，适应未来各种场景的应用，在关键性能指标（KPI）上，主要从以下一些方面进行规范。下图是 IMT-2020 的 5G 关键性能愿景图，以及和 4G 的对比：



5G 需要具备比 4G 更高的性能，支持 0.1 ~ 1Gbps 的用户体验速率，每平方公里一百万的连接数密度，毫秒级的端到端时延，每平方公里数十 Tbps 的流量密度，每小时 500Km 以上的移动性和数十 Gbps 的峰值速率。其中，用户体验速率、连接数密度和时延为 5G 最基本的三个性能指标。同时，5G 还需要大幅提高网络部署和运营的效率，相比 4G，频谱效率提升 5 ~ 15 倍，能效和成本效率提升百倍以上。

在这些关键性能指标中，并非一成不变，而是在不同场景下，有不同的要求，常见的例如速率上的要求，在高铁和在普通场景下肯定是差异很大的。我们主要列举了以下典型场景下对各性能的要求：高铁、车联网自动驾驶、工厂自动化、广阔户外、智慧城市、密集交通、VR 或 AR、大型活动场馆、媒体直播、远程精细操作等。

### 1.3.1 用户体验速率

单位时间用户获得的数据速率，指真实网络环境下用户可获得的最低传输速率，而不是理论值。

场景	期望值
高铁	下行 50Mbit/s, 上行 25Mbit/s
车联网自动驾驶	下行 100Mbit/s, 上行 20Mbit/s
工厂自动化	下行 300Mbit/s, 上行 60Mbit/s
广阔户外	30Mbit/s
智慧城市	下行 300Mbit/s, 上行 60Mbit/s
密集交通	下行 100Mbit/s, 上行 20Mbit/s
VR 或 AR	4~28Gbit/s
大型活动场馆	0.3~20Mbit/s
媒体点播	15Mbit/s
远程精细操作	300Mbit/s

### 1.3.2 连接密度

连接密度是指在特定地区和特定时间段内，单位面积可以同时激活的终端或者用户数，也就是单位面积上支持的在线设备总和。

场景	期望值
高铁	下行 100Gbit/s/km <sup>2</sup> , 上行 50Gbit/s/km <sup>2</sup> (流量密度)
车联网自动驾驶	-
工厂自动化	10 <sup>7</sup> 个终端/ km <sup>2</sup>
广阔户外	-
智慧城市	2x10 <sup>6</sup> 个终端/ km <sup>2</sup>
密集交通	480Gbit/s/km <sup>2</sup> (流量密度)
VR 或 AR	10 <sup>6</sup> 个终端/ km <sup>2</sup> , 480Gbit/s/km <sup>2</sup> (流量密度)
大型活动场馆	900Gbit/s/km <sup>2</sup> (流量密度)
媒体点播	60Gbit/s/km <sup>2</sup> (流量密度)
远程精细操作	-

### 1.3.3 时延

这里主要指端到端时延，是指数据包从源节点开始传输到被目的节点正确接收的时间。又分为单程时延（OTT）和往返时延（RTT），单程时延是数据包从发送端到接收端的时间，往返时延是数据包从发送端发送，到接收端收到后返回确认信息的时间。

场景	期望值
高铁	10ms
车联网自动驾驶	5ms
工厂自动化	1ms
广阔户外	-
智慧城市	20ms

密集交通	100ms
VR 或 AR	RTT 10ms
大型活动场馆	-
媒体点播	200ms
远程精细操作	1ms

### 1.3.4 可用性，可靠性

可用性是指在一个区域内，网络能满足用户体验质量（QoE）的百分比，也就是用户能使用网络，且基本体验能达到标准。可靠性则是指一定时间内从发送端到接收端成功发送数据的概率。

场景	期望值
高铁	99%
车联网自动驾驶	99.999%（可靠性）
工厂自动化	99.999%（可靠性）
广阔户外	99.9%（覆盖，可用性）
智慧城市	一般应用 95%，安全应用 99%
密集交通	95%（可用性）
VR 或 AR	99.9%
大型活动场馆	95%（可用性）
媒体点播	95%（覆盖）
远程精细操作	99.999%（可靠性）

### 1.3.5 移动性

移动性主要是指高速移动性，在目前高速公路、高铁等下，能保证的用户体验情况。

场景	期望值
高铁	500km/h
车联网自动驾驶	200km/h
工厂自动化	-
广阔户外	-
智慧城市	100km/h
密集交通	-
VR 或 AR	-
大型活动场馆	-
媒体点播	-
远程精细操作	-

### 1.3.6 其它

其它方面的要求主要有：安全性，能耗，成本等。

#### 安全性

安全性比较难衡量，目前一般以黑客侵入信息内容需要的时间来衡量，如何在网络切片中对安全的要求还在

继续研究中。

### 能耗

能耗方面，要求应急通信中电池至少续航一周，在广阔地区分布的设备，要求续航 10 年，电表气表等一般设备 2-5 年续航能力。

### 成本和可持续发展

目前的移动通信网络在应对移动互联网和物联网爆发式发展时，可能会面临以下问题：能耗、每比特综合成本、部署和维护的复杂度难以高效应对未来千倍业务流量增长和海量设备连接；多制式网络共存造成了复杂度的增长和用户体验下降；现网在精确监控网络资源和有效感知业务特性方面的能力不足，无法智能地满足未来用户和业务需求多样化的趋势；此外，无线频谱从低频到高频跨度很大，且分布碎片化，干扰复杂。

应对这些问题，需要从如下两方面提升 5G 系统能力，以实现可持续发展。在网络建设和部署方面，5G 需要提供更高网络容量和更好覆盖，同时降低网络部署、尤其是超密集网络部署的复杂度和成本；5G 需要具备灵活可扩展的网络架构以适应用户和业务的多样化需求；5G 需要灵活高效地利用各类频谱，包括对称和非对称频段、重用频谱和新频谱、低频段和高频段、授权和非授权频段等；另外，5G 需要具备更强的设备连接能力来应对海量物联网设备的接入。

在运营维护方面，5G 需要改善网络能效和比特运维成本，以应对未来数据迅猛增长和各类业务应用的多样化需求；5G 需要降低多制式共存、网络升级以及新功能引入等带来的复杂度，以提升用户体验；5G 需要支持网络对用户行为和业务内容的智能感知并作出智能优化；同时，5G 需要能提供多样化的网络安全解决方案，以满足各类移动互联网和物联网设备及业务的需求。

## 第二章 5G 的系统架构

### 2.1 无线接入网架构

#### 2.1.1 NG-RAN 基本架构

5G 无线接入基本架构如下图

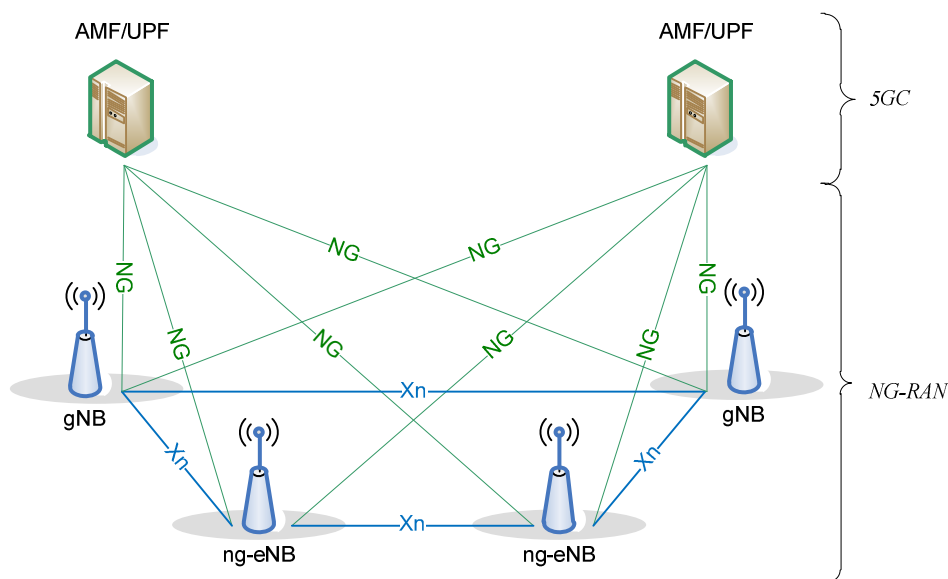


图 2.1.1-1：整体架构

#### 节点名称解释：

**gNB**：向 UE 提供 NR 用户面和控制面协议终端的节点，并且经由 NG 接口连接到 5GC。

**ng-eNB**：向 UE 提供 E-UTRA 用户面和控制面协议终端的节点，并且经由 NG 接口连接到 5GC。

**5GC**：5G 核心网

NG 接口就是无线接入网和 5G 核心网之间的接口，其中：

**NG-C**：NG-RAN 和 5GC 之间的控制面接口。

**NG-U**：NG-RAN 和 5GC 之间的用户面接口。

**AMF**：接入和移动管理功能

**UPF**：用户平面功能

从上面我们不难发现，NG-RAN 节点就只有：

**gNB**，向 UE 提供 NR 用户面和控制面协议终端；

**ng-eNB**，向 UE 提供 E-UTRA 用户面和控制面协议终端。

gNB 和 ng-eNB 通过 Xn 接口相互连接。gNB 和 ng-eNB 也通过 NG 接口连接到 5GC，更具体地通过 NG-C 接口连接到 AMF（接入和移动管理功能），并通过 NG-U 接口连接到 UPF（用户面功能）。

## 2.1.2 NG-RAN 节点的功能

首先，需要理清无线接入网和 5G 核心网之间的功能关系。

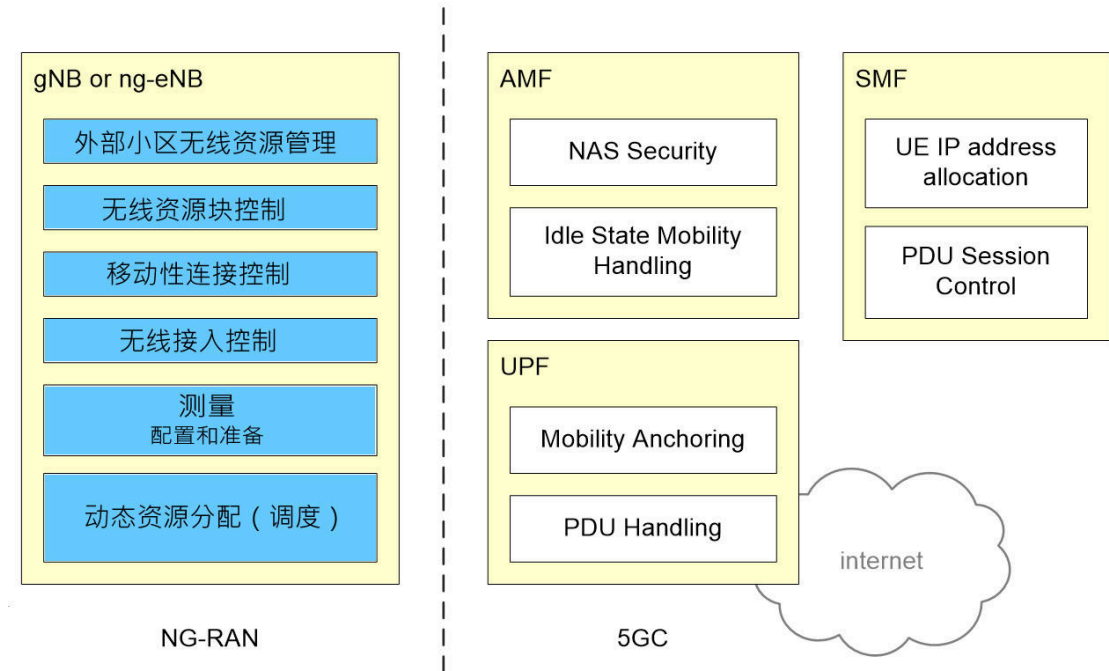


图 2.1.2-1：NG-RAN 和 5GC 之间的功能划分

黄色框表示节点，蓝色框表示 NG-RAN 的功能，白色框表示 5G 核心网功能。

**gNB 和 ng-eNB 承载以下功能：**

**无线资源管理的功能：**无线承载控制，无线接入控制，移动性连接控制，在上行链路和下行链路中向 UE 的动态资源分配（调度）；

除此之外，下面这些功能也是由 gNB 和 ng-eNB 来承担：

- IP 报头压缩，加密和数据完整性保护；
- 当不能从 UE 提供的信息确定到 AMF 的路由时，在 UE 附着处选择 AMF；
- 用户面数据向 UPF 的路由；
- 控制面信息向 AMF 的路由；
- 连接设置和释放；
- 调度和传输寻呼消息；
- 调度和传输系统广播信息（源自 AMF 或 O&M）；
- 用于移动性和调度的测量和测量报告配置；
- 上行链路中的传输级别数据包标记；
- 会话管理；
- 支持网络切片；
- QoS 流量管理和映射到数据无线承载；
- 支持处于 RRC\_INACTIVE 状态的 UE；
- NAS 消息的分发功能；
- 无线接入网共享；
- 双连接；
- NR 和 E-UTRA 之间的紧密互通。

**AMF 承载以下主要功能：**

接入和移动管理功能（AMF）包括以下功能。在 AMF 的单个实例中可以支持部分或全部 AMF 功能：

- 终止 RAN CP 接口（N2）。
- 终止 NAS（N1），NAS 加密和完整性保护。
- 注册管理，连接管理，可达性管理。
- 移动性管理（支持系统内和系统间移动性）
- 支持网络切片；
- SMF 选择
- 合法拦截（适用于 AMF 事件和 LI 系统的接口）。
- 空闲模式 UE 可达性（包括寻呼重传的控制和执行）；
- 为 UE 和 SMF 之间的 SM 消息提供传输。
- 用于路由 SM 消息的透明代理。
- 接入身份验证，接入授权（包括检查漫游权）。
- 在 UE 和 SMSF 之间提供 SMS 消息的传输。
- 安全锚功能（SEAF）。
- 监管服务的定位服务管理。
- 为 UE 和 LMF 之间以及 RAN 和 LMF 之间的位置服务消息提供传输。
- 用于与 EPS 互通的 EPS 承载 ID 分配。
- UE 移动事件通知。

无论网络功能的数量如何，UE 和 CN 之间的每个接入网络只有一个 NAS 接口实例，终止于至少实现 NAS 安全性和移动性管理的网络功能之一。

需要注意的是，并非所有功能都需要在网络切片的实例中得到支持，根据要实现部分功能也是支持的。

**UPF 承载以下主要功能：**

用户平面功能（UPF）包括以下功能。在 UPF 的单个实例中可以支持部分或全部 UPF 功能：

- 用于 RAT 内/ RAT 间移动性的锚点（适用时）。
- 外部 PDU 与数据网络互连的会话点。
- 分组路由和转发（例如，支持上行链路分类器以将业务流路由到数据网络的实例，支持分支点以支持多宿主 PDU 会话）。
- 数据包检查（例如，基于服务数据流模板的应用流程检测以及从 SMF 接收的可选 PFD）。
- 用户平面部分策略规则实施，例如门控，重定向，流量转向）。
- 合法拦截（UP 收集）。
- 流量使用报告。
- 用户平面的 QoS 处理，例如 UL / DL 速率实施，DL 中的反射 QoS 标记。
- 上行链路流量验证（SDF 到 QoS 流量映射）。
- 上行链路和下行链路中的传输级分组标记。
- 下行数据包缓冲和下行数据通知触发。
- 将一个或多个“结束标记”发送和转发到源 NG-RAN 节点。

如 IETF RFC 1027 [53]中规定的 ARP 代理和/或以太网 PDU 的 IETF RFC 4861 [54]功能中规定的 IPv6 Neighbor Solicitation Proxying。UPF 通过提供与请求中发送的 IP 地址相对应的 MAC 地址来响应 ARP 和/或 IPv6 邻居请求请求。同时值得注意的是：并非所有 UPF 功能都需要在网络切片的用户平面功能的实例中得到支持，可以实现部分或全部。

### 会话管理功能（SMF）承载以下主要功能：

- 会话管理，例如会话建立，修改和释放，包括 UPF 和 AN 节点之间的通道维护。
- UE IP 地址分配和管理（包括可选的授权）。
- DHCPv4（服务器和客户端）和 DHCPv6（服务器和客户端）功能。
- 如 IETF RFC 1027 [53]中规定的 ARP 代理和/或以太网 PDU 的 IETF RFC 4861 [54]功能中规定的 IPv6 Neighbor Solicitation Proxying。SMF 通过提供与请求中发送的 IP 地址相对应的 MAC 地址来响应 ARP 和/或 IPv6 邻居请求。
- 选择和控制 UP 功能，
- 包括控制 UPF 代理 ARP 或 IPv6 邻居发现，或将所有 ARP / IPv6 邻居请求流量转发到 SMF，用于以太网 PDU 会话。
- 配置 UPF 的流量控制，将流量路由到正确的目的地。
- 终止接口到策略控制功能。
- 合法拦截（用于 SM 事件和 LI 系统的接口）。
- 收费数据收集和支持计费接口。
- 控制和协调 UPF 的收费数据收集。
- 终止 SM 消息的 SM 部分。
- 下行数据通知。
- AN 特定 SM 信息的发起者，通过 AMF 通过 N2 发送到 AN。
- 确定会话的 SSC 模式。
- 漫游功能：
  - 处理本地实施以应用 QoS SLA（VPLMN）。
  - 计费数据收集和计费接口（VPLMN）。
  - 合法拦截（在 SM 事件的 VPLMN 和 LI 系统的接口）。
  - 支持与外部 DN 的交互，以便通过外部 DN 传输 PDU 会话授权/认证的信令。

同样注意，并非所有功能都需要在网络切片的实例中得到支持，根据要实现部分或全部功能都是可以的。

## 2.1.3 无线接入网的网络接口

### 2.1.3.1 NG 接口

**NG 接口**：无线接入网和 5G 核心网之间的接口。

NG 接口是一个逻辑接口，规范了 NG 接口，NG-RAN 节点与不同制造商提供的 AMF 的互连；同时，分离 NG 接口无线网络功能和传输网络功能，以便于引入未来的技术。

从任何一个 NG-RAN 节点向 5GC 可能存在多个 NG-C 逻辑接口。然后，通过 NAS 节点选择功能确定 NG-C 接口的选择。从任何一个 NG-RAN 节点向 5GC 可能存在多个 NG-U 逻辑接口。NG-U 接口的选择在 5GC 内完成，并由 AMF 发信号通知 NG-RAN 节点。

NG 接口分为 NG-C 接口（NG-RAN 和 5GC 之间的控制面接口）和 NG-U 接口（NG-RAN 和 5GC 之间的用户面接口）。

**NG 接口规范的一般原则如下：**

- NG 接口是开放的；
- NG 接口支持 NG-RAN 和 5GC 之间的信令信息交换；



- 从逻辑角度来看，NG 是 NG-RAN 节点和 5GC 节点之间的点对点接口。即使在 NGRAN 和 5GC 之间没有物理直接连接的情况下，点对点逻辑接口也是可行的。
- NG 接口支持控制平面和用户平面分离；
- NG 接口分离无线网络层和传输网络层；
- NG 接口是满足不同新要求和支持新服务和新功能的未来证明；
- NG 接口与可能的 NG-RAN 部署变体分离；
- NG 应用协议支持模块化过程设计，并使用允许优化编码/解码效率的算法。

## NG 接口用户面

NG 用户面接口（NG-U）在 NG-RAN 节点和 UPF 之间定义。

NG 接口的用户面协议栈如图 2.1.3.1-1 所示。传输网络层建立在 IP 传输上，GTP-U 用于 UDP / IP 之上，以承载 NG-RAN 节点和 UPF 之间的用户面 PDU。

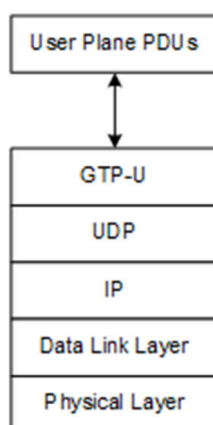


图 2.1.3.1-1 : NG-U 协议栈

NG-U 在 NG-RAN 节点和 UPF 之间提供无保证的用户面 PDU 传送。

## NG 接口控制面

NG 控制面接口（NG-C）在 NG-RAN 节点和 AMF 之间定义。

NG 接口的控制面协议栈如图 2.1.3.1-2 所示。传输网络层建立在 IP 传输之上，为了可靠地传输信令消息，在 IP 之上添加 SCTP。应用层信令协议称为 NGAP（NG 应用协议）。SCTP 层提供有保证的应用层消息传递。在传输中，IP 层点对点传输用于传递信令 PDU。

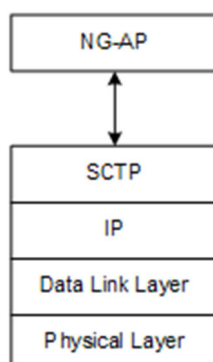


图 2.1.3.1-2 : NG-C 协议栈

NG-C 提供以下功能：

- NG 接口管理；
- UE 上下文管理；
- UE 移动性管理；

- 传输 NAS 消息;
- 寻呼;
- PDU 会话管理;
- 配置转移;
- 警告消息传输。

#### NG 接口支持：

- 建立，维护和释放 PDU 会话的 NG-RAN 部分的流程;
- 执行 RAT 内切换和 RAT 间切换的过程;
- 在协议级别上分离每个 UE，以使用户特定的信令管理;
- 在 UE 和 AMF 之间传输 NAS 信令消息;
- 分组数据流的资源预留机制。

### 2.1.3.2 Xn 接口

**Xn 接口：**NG-RAN 节点（gNB 或 ng-eNB）之间的网络接口。

- Xn 接口规范的一般原则如下：
- Xn 接口是开放的;
- Xn 接口支持两个 NG-RAN 节点之间的信令信息交换，以及 PDU 到各个隧道端点的转发;

从逻辑角度来看，Xn 是两个 NG-RAN 节点之间的点对点接口。即使在两个 NG-RAN 节点之间没有物理直接连接的情况下，点对点逻辑接口也应该是可行的。

#### Xn 接口规范有助于实现以下功能：

不同制造商提供的 NG-RAN 节点的互连;

支持通过 NG 接口提供的 NG-RAN 服务的 NG-RAN 节点之间的连接;

分离 Xn 接口无线网络功能和传输网络功能，以便于引入未来的技术。

#### Xn 接口支持：

支持 NG-RAN 内部移动的流程;

支持 NG-RAN 节点之间双重连接的流程。

Xn 接口支持控制平面（Xn-C）和用户平面（Xn-U）上的过程。

#### Xn 用户面

Xn 用户面（Xn-U）接口在两个 NG-RAN 节点之间定义。Xn 接口上的用户面协议栈如图 2.1.3.2-1-1 所示。传输网络层建立在 IP 传输上，GTP-U 用于 UDP / IP 之上以承载用户面 PDU。

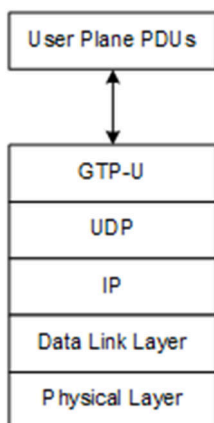


图 2.1.3.2-1-1：Xn-U 协议栈

Xn-U 提供无保证的用户面 PDU 传送，并支持以下功能：

数据传输和流量控制和数据传输功能。

数据传输功能允许在 NG-RAN 节点之间传输数据以支持双连接或移动性操作。

流量控制功能使 NG-RAN 节点能够从第二 NG-RAN 节点接收用户平面数据，以提供与数据流相关的反馈信息。

### Xn 控制面

Xn 控制面接口 (Xn-C) 在两个 NG-RAN 节点之间定义。Xn 接口的控制面协议栈如图 2.1.3.2-2 所示。传输网络层建立在 IP 之上的 SCTP 上。应用层信令协议称为 XnAP (Xn 应用协议)。SCTP 层提供有保证的应用层消息传递。在传输 IP 层中，点对点传输用于传递信令 PDU。

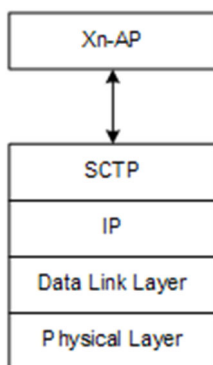


图 2.1.3.2-2 : Xn-C 协议栈

Xn-C 接口支持以下功能：

- Xn 接口管理：管理自身接口的状态；
- UE 移动性管理，包括上下文传输和 RAN 寻呼；
- 双连接实现功能。

UE 移动性管理主要包含以下：

#### 切换准备功能

该功能允许在源 NG-RAN 节点和目标 NG-RAN 节点之间交换信息，以便启动某个 UE 到目标的切换。

#### 切换取消功能

该功能允许通知已准备好的目标 NG-RAN 节点，不会进行准备好的切换。它允许释放准备期间分配的资源。

#### 检索 UE 上下文功能

Retrieve UE 上下文功能用于 NG-RAN 节点从另一个节点检索 UE 上下文。

#### RAN 寻呼功能

RAN 寻呼功能允许 NG-RAN 节点为处于非活动状态的 UE 启动寻呼。

#### 数据转发控制功能

数据转发控制功能允许在源和目标 NG-RAN 节点之间建立和释放传输承载以进行数据转发。

#### 双连接功能

双连接功能允许在 NG-RAN 中的辅助节点中使用附加资源。

#### 激活功能

该功能通过在 Xn 接口上指示小区激活/停用来降低能耗。

## 2.1.4 用户面协议栈

下图显示了用户面的协议栈，其中 SDAP，PDCP，RLC 和 MAC 子层（在网络侧的 gNB 中终止）执行用户面的功能。

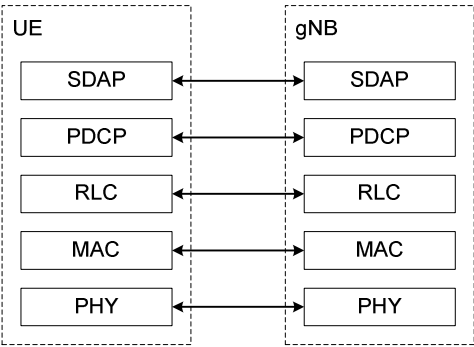


图 2.1.4-1：用户面协议栈

2.1.4.1 MAC 子层

服务和功能

MAC 子层的主要服务和功能包括：

- 逻辑信道和传输信道之间的映射；  
将属于一个或不同逻辑信道的 MAC SDU 复用/复用到传输信道上传送到物理层/从传输信道上传输的传输块 (TB) ；
- 调度信息报告；
- 通过 HARQ 进行纠错（在 CA 的情况下每个小区一个 HARQ 实体）；
- 通过动态调度在 UE 之间进行优先级处理；
- 通过逻辑信道优先级排序在一个 UE 的逻辑信道之间进行优先级处理；
- 填充。

单个 MAC 实体可以支持多个数字，传输定时和小区。逻辑信道优先级控制中的映射限制，即逻辑信道可以使用的数字参数配置，小区和传输定时。

逻辑信道

MAC 提供的不同种类的数据传输服务，每种逻辑信道类型由传输的信息类型定义。逻辑信道分为两组：控制信道和业务信道。

控制信道仅用于传输控制面信息：

- 广播控制信道（BCCH）：用于广播系统控制信息的下行链路信道。
- 寻呼控制信道（PCCH）：一种下行链路信道，它传输寻呼信息，系统信息变化通知和正在进行的 PWS 广播的指示。
- 公共控制信道(CCCH) :用于在 UE 和网络之间发送控制信息的信道。该信道用于与网络没有 RRC 连接的 UE。
- 专用控制信道（DCCH）：在 UE 和网络之间发送专用控制信息的点对点双向信道。由具有 RRC 连接的 UE 使用。

业务信道仅用于传输用户面信息：专用业务信道（DTCH）：专用于一个 UE 的点对点信道，用于传输用户信息。DTCH 可以存在于上行链路和下行链路中。

映射到传输信道

在下行链路中，存在逻辑信道和传输信道之间的以下连接：

- BCCH 可以映射到 BCH；
- BCCH 可以映射到 DL-SCH；
- PCCH 可以映射到 PCH；

- CCCH 可以映射到 DL-SCH;
- DCCH 可以映射到 DL-SCH;
- DTCH 可以映射到 DL-SCH。

在上行链路中, 存在逻辑信道和传输信道之间的以下连接:

- CCCH 可以映射到 UL-SCH;
- DCCH 可以映射到 UL-SCH;
- DTCH 可以映射到 UL-SCH。

#### HARQ

HARQ 功能确保在物理层的对等实体之间的传递。当物理层未配置用于下行链路/上行链路空间复用时, 单个 HARQ 进程支持一个 TB, 并且当物理层配置用于下行链路/上行链路空间复用时, 单个 HARQ 进程支持一个或多个 TB。

### 2.4.1.2 RLC 子层

#### 传输模式

RLC 子层支持三种传输模式:

- 透明模式 (TM);
- 未确认模式 (UM);
- 已确认模式 (AM)。

RLC 配置是每个逻辑信道, 不依赖于数字和/或传输持续时间, 并且 ARQ 可以在逻辑信道配置的任何数字和/或传输持续时间上操作。对于 SRB0, 寻呼和广播系统信息, 使用 TM 模式。对于其他 SRB 使用的 AM 模式。对于 DRB, 使用 UM 或 AM 模式。

#### 服务和功能

RLC 子层的主要服务和功能取决于传输模式, 包括:

- 传输上层 PDU;
- 序列编号独立于 PDCP (UM 和 AM) 中的序列编号;
- 通过 ARQ 纠错 (仅限 AM);
- RLC SDU 的分段 (AM 和 UM) 和重新分段 (仅 AM);
- 重新组装 SDU (AM 和 UM);
- 重复检测 (仅限 AM);
- RLC SDU 丢弃 (AM 和 UM);
- RLC 重建;
- 协议错误检测 (仅限 AM)。

#### ARQ

RLC 子层内的 ARQ 具有以下特征:

- ARQ 根据 RLC 状态报告重传 RLC SDU 或 RLC SDU 段;
- RLC 需要轮询 RLC 状态报告;
- 在检测到丢失的 RLC SDU 或 RLC SDU 段之后, RLC 接收器还可以触发 RLC 状态报告。

### 2.1.4.3 PDCP 子层

#### 服务和功能

用户面的 PDCP 子层的主要服务和功能包括:

- 序号;
- 标头压缩和解压: 仅限 ROHC;

- 传输用户数据;
- 重新排序和重复检测;
- PDCP PDU 路由（在分离承载的情况下）;
- 重传 PDCP SDU;
- 加密、解密和完整性保护;
- PDCP SDU 丢弃;
- RLC AM 的 PDCP 重建和数据恢复;
- 重复 PDCP PDU。

用于控制面的 PDCP 子层的主要服务和功能包括：

- 序号;
- 加密、解密和完整性保护;
- 控制面数据的传输;
- 重新排序和重复检测;
- PDCP PDU 的重复。

由于 PDCP 不允许 COUNT 在 DL 和 UL 中环绕，因此由网络来防止它发生（例如，通过使用相应的无线承载的释放和添加或完整配置）。

### 2.1.4.4 SDAP 子层

SDAP 的主要服务和功能包括：

- QoS 流和数据无线承载之间的映射;
- 标记 DL 和 UL 数据包中的 QoS 流 ID（QFI）。
- 为每个单独的 PDU 会话配置 SDAP 的单个协议实体。

### 2.1.5 控制面协议栈

下图显示了控制面的协议栈，其中：

- PDCP，RLC 和 MAC 子层（在网络侧的 gNB 中终止）执行前面列出的功能;
- RRC（在网络侧的 gNB 中终止）执行子条款 7 中列出的功能;
- NAS 控制协议（在网络侧的 AMF 中终止）执行核心网中列出的功能，例如：身份验证，移动性管理，安全控制.....

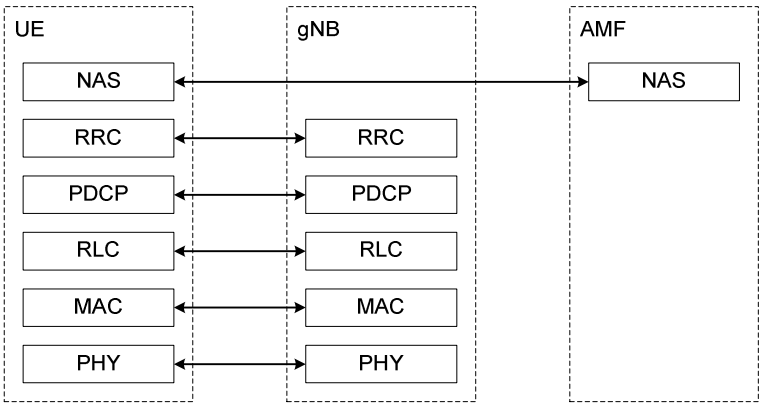


图 2.1.5-1：控制面协议栈

### 2.5.1.1 无线资源管理 (RRC)

手机和网络通过无线信道相互通信，彼此交换大量的信息，因此双方需要一种控制机制来交换配置信息并达成一致，这种控制机制就是 RRC，即无线资源控制，我们可以把它理解为终端 UE 和网络相互沟通的共同语言。

**RRC 子层的主要服务和功能包括：**

广播与 AS 和 NAS 相关的系统信息;由 5GC 或 NG-RAN 发起的寻呼;

建立，维持和释放 UE 与 NG-RAN 之间的 RRC 连接，包括：

- 载波聚合的添加，修改和释放;
- 在 NR 内部或在 E-UTRA 和 NR 之间添加，修改和释放双连接。
- 安全功能包括密钥管理;
- 信令无线承载 (SRB) 和数据无线承载 (DRB) 的建立，配置，维护和发布;

移动功能包括：

- 切换和上下文转移;
- UE 小区选择和重选以及小区选择和重选的控制;
- RAT 间移动性。
- QoS 管理功能;
- UE 测量报告和控制报告;
- 无线链路故障的检测和恢复;
- NAS 向/从 UE 传送 NAS 的消息。

5G NR 上 RRC 支持三种状态，**RRC\_IDLE**、**RRC\_INACTIVE**、**RRC\_CONNECTED**，是的，5G 与 3G/4G 并不相同，相较于 4G LTE 只有 RRC\_IDLE 和 RRC\_CONNECTED 两种 RRC 状态，5G NR 引入了一个新状态——RRC\_INACTIVE。

**5G 为什么要引入 RRC\_INACTIVE 状态？**

原因很简单，为了减少信令和功耗。5G 要面向万物互联，要连接大量的依靠电池供电的终端，这些终端的电池寿命动辄需维持 5-10 年，否则维护成本太高。同时，关键任务型物联网要求超低的时延，任务触发时，首个数据包必须快速的传送到网络或终端。此外，在大规模物联网下，大量的设备零星传送少量的数据，会带来过高的信令开销。

一边是功耗，一边是快速接入，还要减少信令开销，要兼顾三者，5G 就引入了 RRC\_INACTIVE 状态。

在 RRC\_INACTIVE 状态下，终端处于省电的“睡觉”状态，但它仍然保留部分 RAN 上下文（安全上下文，UE 能力信息等），始终保持与网络连接，并且可以通过类似于寻呼的消息快速从 RRC\_INACTIVE 状态转移到 RRC\_CONNECTED 状态，且减少信令数量。

其特征如下：

**RRC\_IDLE（空闲模式）：**

- PLMN 选择;
- 广播系统信息;
- 小区重选移动性;
- 移动终止数据的寻呼由 5GC 发起;
- 移动终接数据区域的寻呼由 5GC 管理;
- 由 NAS 配置的用于 CN 寻呼的 DRX。

### RRC\_INACTIVE（激活模式）：

- PLMN 选择;
- 广播系统信息;
- 小区重选移动性;
- 寻呼由 NG-RAN（RAN 寻呼）发起;
- 基于 RAN 的通知区域（RNA）由 NG-RAN 管理;
- 由 NG-RAN 配置的 RAN 寻呼 DRX;
- 为 UE 建立 5GC-NG-RAN 连接（包括控制面 / 用户面）;
- UE AS 上下文存储在 NG-RAN 和 UE 中;
- NG-RAN 知道 UE 所属的 RNA。

### RRC\_CONNECTED（连接模式）：

- 为 UE 建立 5GC-NG-RAN 连接（包括控制面 / 用户面）;
- UE AS 上下文存储在 NG-RAN 和 UE 中;
- NG-RAN 知道 UE 所属的小区;
- 向或从 UE 传输单播数据;
- 网络控制移动性，包括测量。

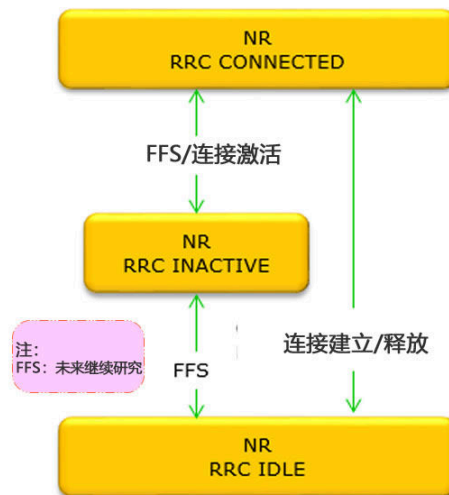
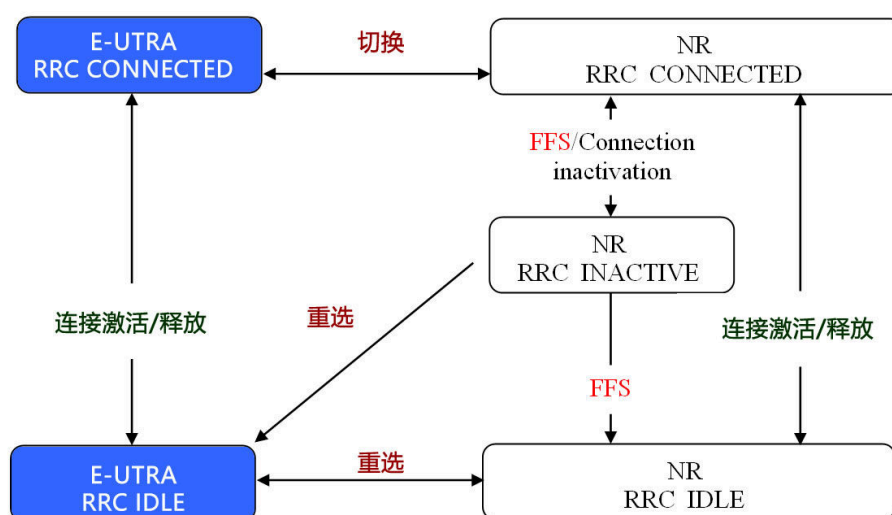


图 2.1.5-1 RRC 状态变化图

需要指出的是，对于 RRC 状态，3GPP 目前为止还在继续研究，就是上面的 FFS（未来继续研究的），即在 RRC\_INACTIVE 下网络是否始终配置基于 RAN 的通知区域，如果确定不总是配置基于 RAN 的通知区域，则未来继续研究 UE 行为来达到目的。

下图是 5G 与 4G 网络之间的网络状态迁移





关于 RRC 协议和参数的详情，我们在后面章节的无线接入网部分有更详细描述。

### 2.5.1.2 NAS 控制协议

NAS 控制协议（在网络侧的 AMF 中终止）执行 3GPP TS 23.501 [3]中列出的功能，例如：身份验证，移动性管理，安全控制.....

对于 NAS 触发的请求，UE NAS 确定给定接入尝试的一个接入类别和接入标识，并将它们提供给 RRC 以进行接入控制检查，RRC 基于接入控制信息和所确定的接入类别和接入标识来执行接入限制检查，RRC 指示是否允许对 NAS 层进行接入尝试。NAS 还执行与对建立原因的接入尝试相关联的接入类别和接入标识的映射，并向 RRC 提供建立原因以包括在连接请求中以使 gNB 能够决定是否拒绝该请求。

对于 AS 触发的请求（即 RNA 更新），RRC 确定恢复原因值和相应的接入类别。AS 在小区中提供可靠的序列传送 NAS 消息。在切换过程中，会出现 NAS 消息的消息丢失或复制。AS 消息与 RRC 消息连接或在 RRC 中不带级联。当同一 UE 的并发 NAS 消息到达时，需要同时连接 RRC 用于高优先级队列，也不需要连接低优先级队列，消息首先根据需要排队以维持顺序递送。

在下行链路中，当 EPS 承载（EPC）或 PDU 会话（5GC）建立或释放过程被触发时，或者在控制平面 Clot EPS 优化的情况下，对于 EDT，NAS 消息通常应该与关联的 RRC 消息连接。当 EPS 承载（EPC）或 PDU 会话（5GC）被修改时，并且当修改还取决于无线承载的修改时，NAS 消息和相关的 RRC 消息通常应该被连接，不允许将 DL NAS 与 RRC 消息级联。

在上行链路中，NAS 消息与 RRC 消息的连接仅用于在连接建立期间传输初始 NAS 消息，并且在控制平面 Clot EPS 优化的情况下用于 EDT。在 E-UTRAN 中不使用初始直接传输，并且没有 NAS 消息与 RRC 连接请求级联。在 EPS 承载（EPC）或 PDU 会话（5GC）建立或修改期间，可以在单个下行链路 RRC 消息中发送多个 NAS 消息。在这种情况下，RRC 消息中的 NAS 消息的顺序应保持与对应的 S1-AP(EPC)或 NG-AP(5GC)消息中的顺序相同，以确保 NAS 消息的顺序传递。

注意：除了 NAS 执行的完整性保护和加密之外，NAS 消息还通过 PDCP 进行完整性保护和加密。

## 2.2 5G 核心网（5GC）基本架构

### 2.2.1 5G 核心网的十大关键原则

5G 系统架构被定义为支持数据连接和服务，使部署能够使用诸如网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN）之类的技术。5G 系统架构应利用已识别的控制平面（CP）网络功能之间基于服务的交互。

**十大关键原则和概念是：**

- 1、将用户平面（UP）功能与控制平面（CP）功能分开，允许独立的可扩展性，演进和灵活部署，例如集中位置或分布式（远程）位置。
- 2、模块化功能设计，例如，以实现灵活和有效的网络切片。
- 3、在适用的情况下，将流程（即网络功能之间的交互集）定义为服务，以便可以重复使用它们。
- 4、如果需要，允许每个网络功能直接与其他 NF 交互。该体系结构不排除使用中间函数来帮助路由控制平面消息（例如像 DRA）。
- 5、最小化接入网络（AN）和核心网络（CN）之间的依赖关系。  
该架构由融合核心网络和共同的 AN-CN 接口定义，该接口集成了不同的接入类型，例如 3GPP 接入和非 3GPP 接入。
- 6、支持统一的身份验证框架。
- 7、支持“无状态”NF，其中“计算”资源与“存储”资源分离。
- 8、支持网络能力对外开放（开放接口，非 3GPP 网络也可以接入）。
- 9、支持并发接入到本地和集中服务。为了支持低延迟服务接入到本地数据网络，UP 功能可以部署在接入网络附近。
- 10、支持漫游，包括归属路由区流量以及访问 PLMN 中的本地之外流量。

### 2.2.2 不同场景下的网络架构

5G 核心网系统架构主要由网络功能（NF）组成，采用分布式的功能，根据实际需要部署，新的网络功能加入或撤出，并不影响整体网络的功能。这些网络功能的具体功能描述在第 6 章 5G 核心网的详细描述中讲解。

- 认证服务器功能（AUSF）
- 接入和移动管理功能（AMF）
- 数据网络（DN），例如运营商服务，互联网接入或第三方服务
- 非结构化数据存储功能（UDSF）
- 网络开放功能（NEF）
- 网络存储库功能（NRF）
- 网络切片选择功能（NSSF）

- 控制策略功能 (PCF)
- 会话管理功能 (SMF)
- 统一数据管理 (UDM)
- 统一数据存储库 (UDR)
- 用户平面功能 (UPF)
- 应用功能 (AF)
- 用户设备 (UE)
- 接入网络 (AN) 或无线接入网 (RAN)
- 5G 设备识别寄存器 (5G-EIR)
- 安全边缘保护代理 (SEPP)
- 网络数据分析功能 (NWDAF)

### 2.2.2.1 非漫游参考架构

#### 基于服务接口的 5G 系统网络架构

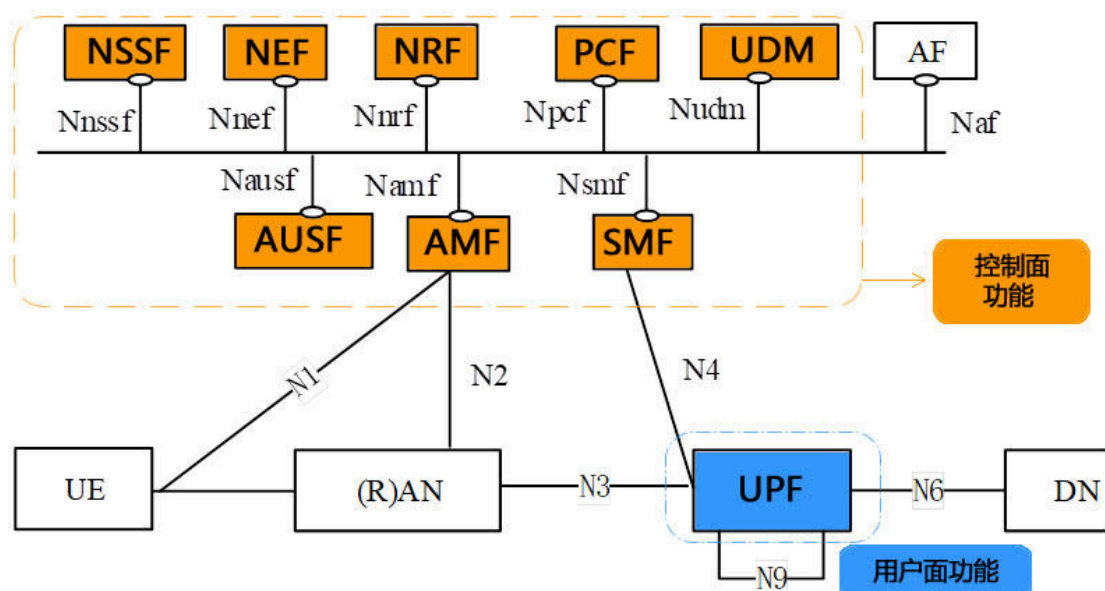


图 2.2.2.1-1 : 5G 系统架构

图 2.2.2.1-1 描述了非漫游参考架构，基于服务的接口在控制平面内使用。其中黄色部分为控制面的网络功能 (NF)，蓝色为用户面的网络功能，Nnssf 等为网络功能之间的接口。我们可以看到，在控制面功能中，接口已经不是传统意义上的一对一，而是由一个总线结构接入，每个网络功能通过接口接入一个类似于计算机的总线结构，这个 5G 看似简单的变更，却为网络部署带来极大的便利，因为每个网络功能的接入或撤走，只需要按规范进行即可，而不用顾及其它网络功能的影响，相当于总线建立了一个资源池。

#### 基于参考点的 5G 系统网络架构

但同时，为了兼容以前的网络，也顺承了以前接口的概念，这里成为参考点（就是下图的  $N_x$ ），如下图所示：

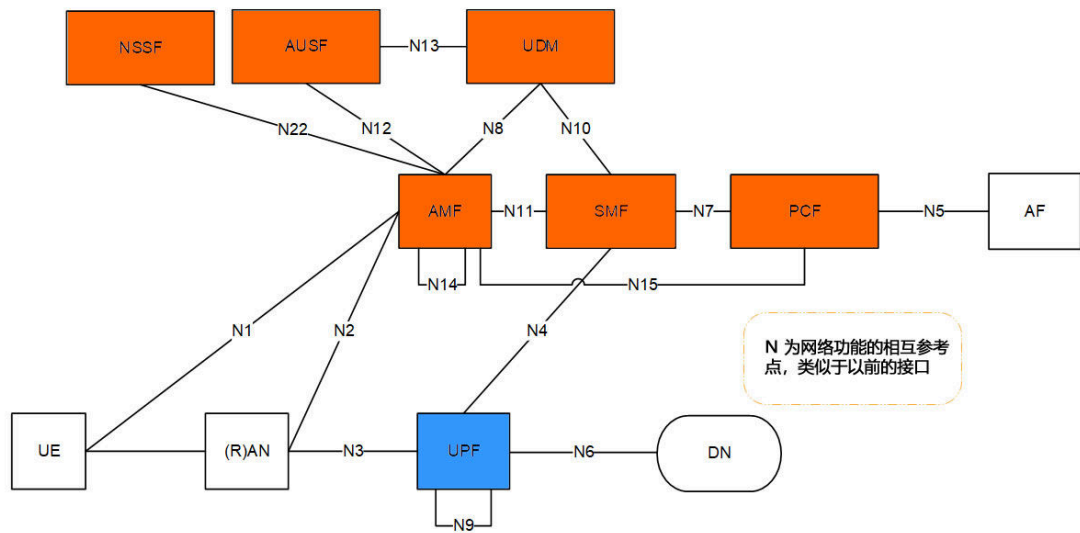


图 2.2.2.1-2：参考点表示中的非漫游 5G 系统架构

图 2.2.2.1-2 描述了非漫游情况下的 5G 系统架构，使用参考点表示，显示了各种网络功能如何相互作用。

注意：

- N9，N14 未在所有其他图中示出，但是它们也可适用于其他场景。
- 为了清楚地说明点对点图，未描述 UDSF，NEF 和 NRF。但是，所有描述的网络功能都可以根据需要与 UDSF，UDR，NEF 和 NRF 进行交互。
- UDM 使用用户数据和认证数据，PCF 使用可能存储在 UDR 中的策略数据。
- 为清楚起见，UDR 及其与其他 NF 的连接（例如 PCF）未在点对点和基于服务的架构图中描述。
- 为清楚起见，NWDAF 及其与其他 NF 的连接，例如 PCF，未在点对点和基于服务的架构图中描述。

多个 PDU 会话接入两个数据网络

这也是 5G 的灵活之处，UE 可以进行多连接，到多个数据网络，以实现不同的功能，如下图：

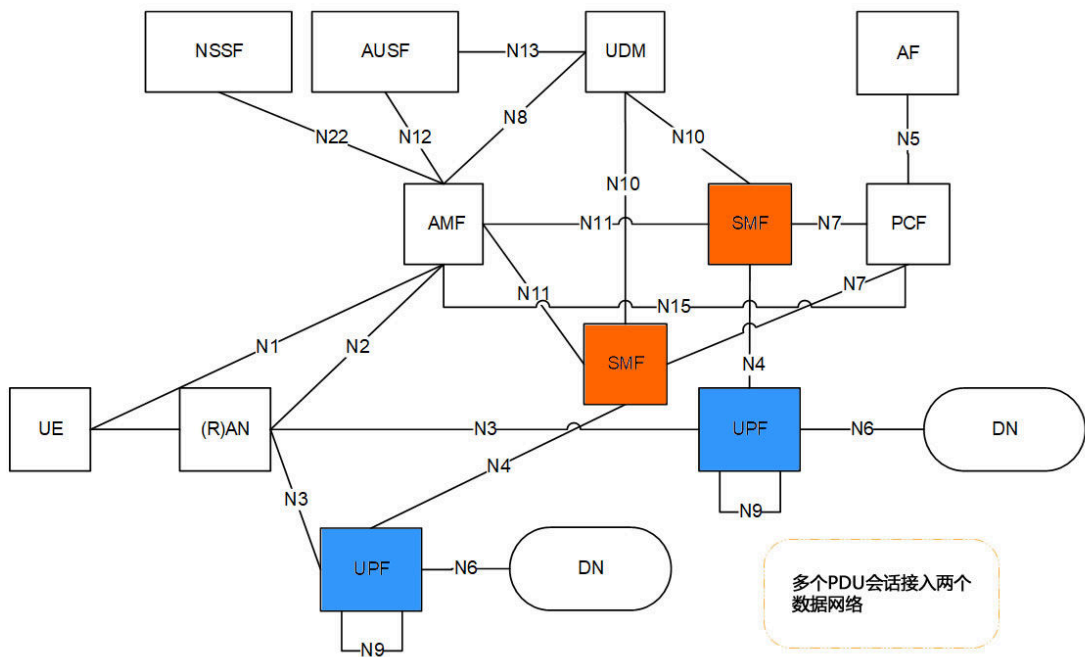


图 2.2.2.1-3：在参考点表示中为多个 PDU 会话应用非漫游 5G 系统架构

图 2.2.2.1-3 描述了 UE 使用参考点表示同时访问使用多个 PDU 会话的两个（例如本地和中央）数据网络的非漫游架构。此图显示了多个 PDU 会话的体系结构，其中为两个不同的 PDU 会话选择了两个 SMF。但是，每个 SMF

还可以具有在 PDU 会话内控制本地和中央 UPF 的能力。

### 单个 PDU 会话接入两个数据网络

单个 PDU 会话，也可以接入多个数据网络，例如在密集热点地区，运营商提供了多个网络，那么用户单个 PDU 会话接入多个数据网络，即使其中一个网络出现问题，并不会影响用户体验，这就为 5G 的可靠性提供了充足的保障。

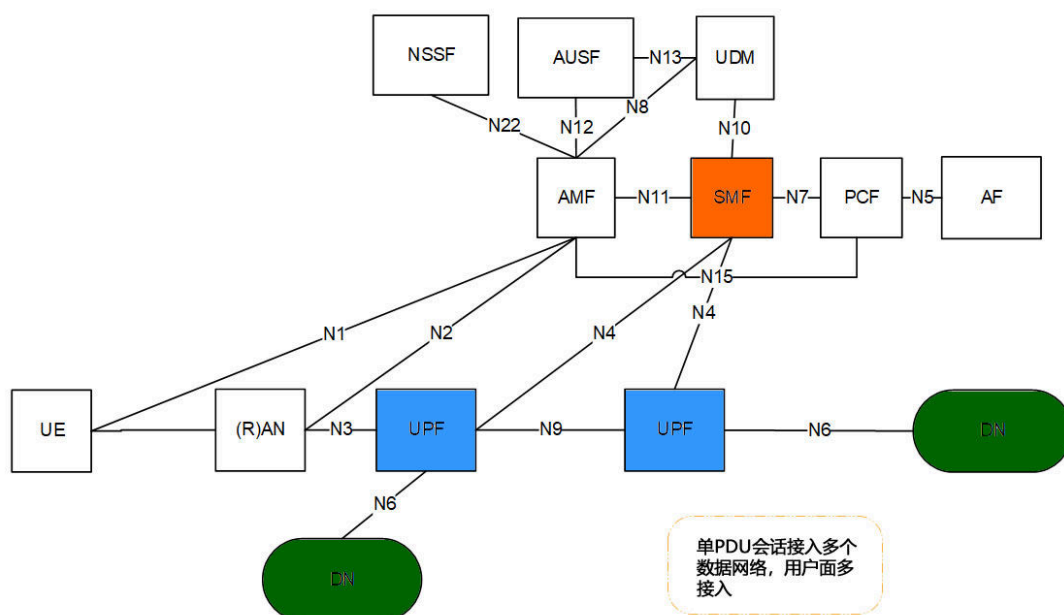


图 2.2.2.1-4：在参考点表示中将并行接入的非漫游 5G 系统架构应用于两个（例如本地和中央）数据网络（单个 PDU 会话选项）

图 2.2.2.1-4 描述了在使用参考点表示在单个 PDU 会话内提供并发接入到两个（例如本地和中央）数据网络的情况下的非漫游体系结构。

### 网络开放的 5G 系统架构

5G 核心网中的网络功能 NEF（网络开放功能），向外提供其它网络的接入，同时，南向又可以接入所有的自有网络功能，既实现开放，又保障网络安全。

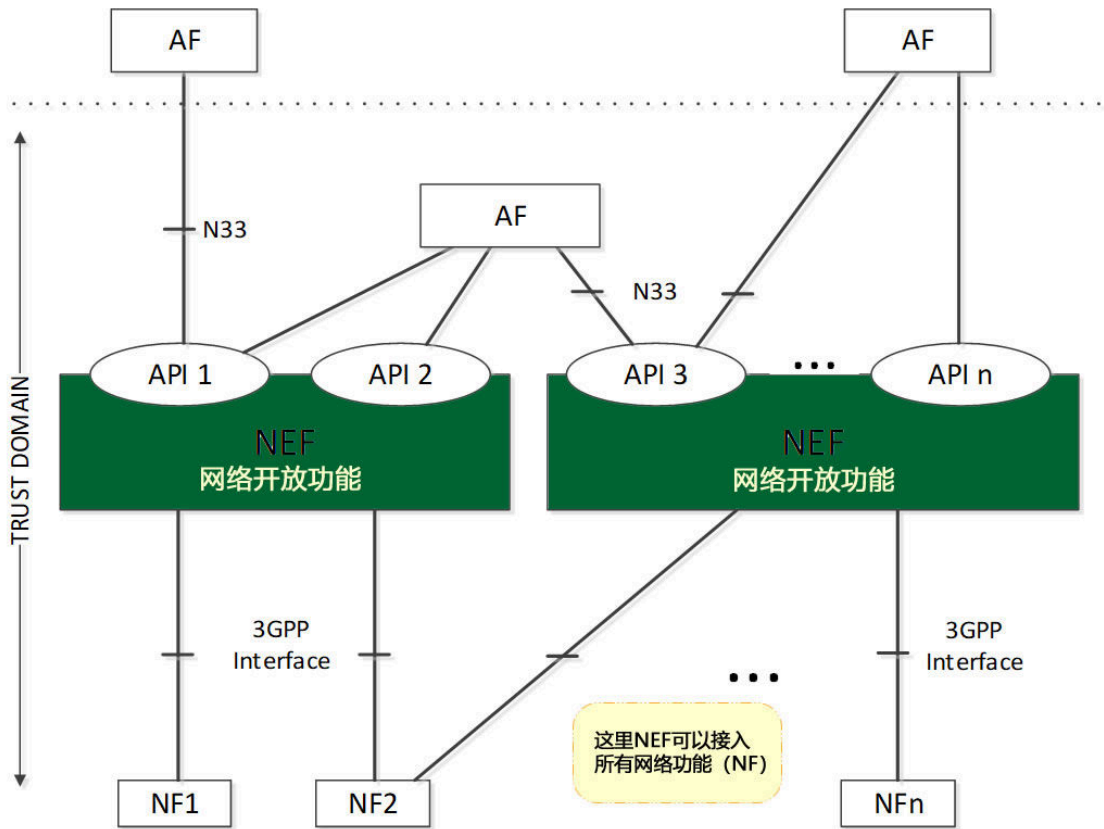


图 2.2.2.1-5：参考点表示中网络开放功能的非漫游架构

在图 2.2.2.1-5 中，NEF 的信任域与 SCEF 的信任域相同。

在图 2.2.2.1-5 中，3GPP 接口表示 NEF 和 5GC 网络功能之间的南向接口，例如 NEF 和 SMF 之间的 N29 接口，NEF 和 PCF 之间的 N30 接口等。为简单起见，未示出 NEF 的所有南向接口。

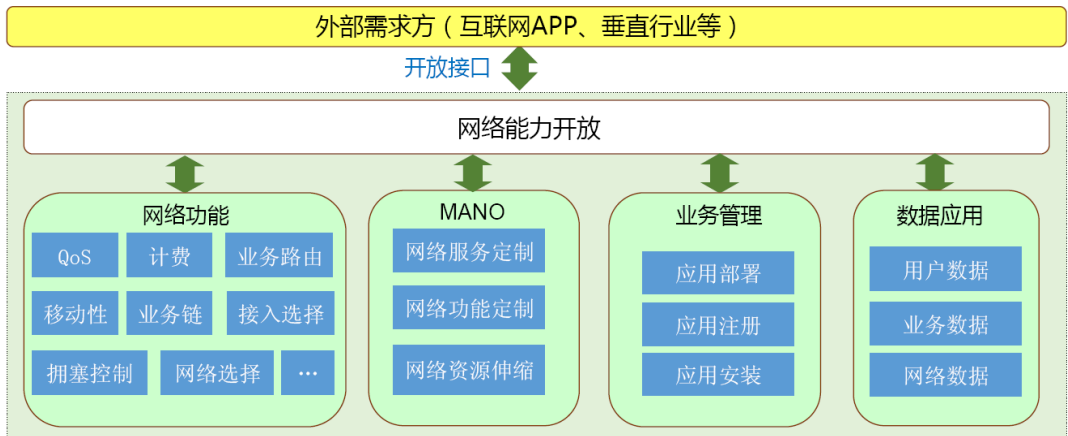


图 2.2.2.1-6 5G 网络的开放能力

### 2.2.2.2 漫游参考架构

图 2.2.2.2-1 描述了 5G 系统漫游架构，在控制平面内具有基于服务的接口的本地分汇。

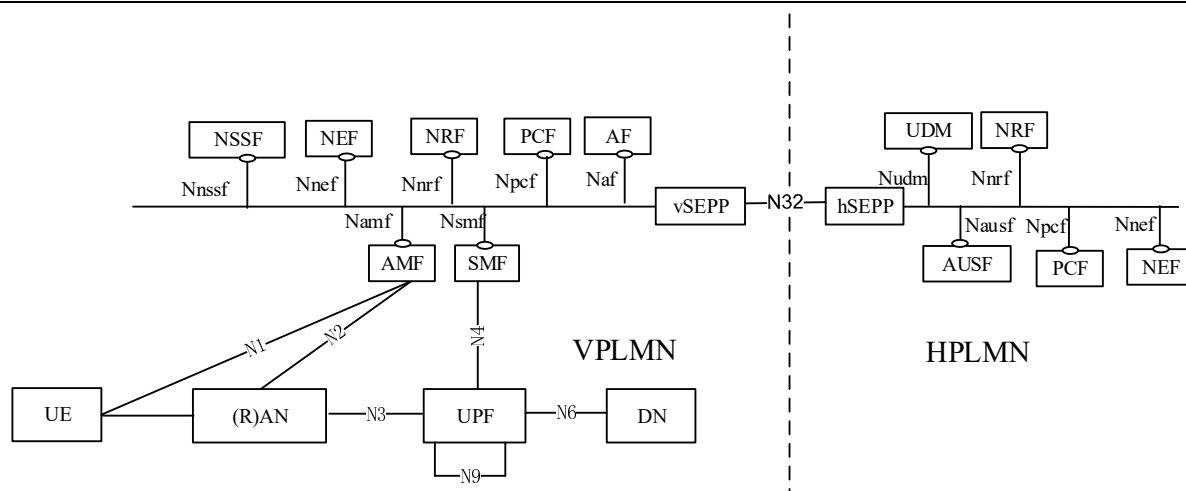


图 2.2.2.2-1 漫游 5G 系统架构 - 基于服务的接口表示中的本地分汇场景

本地分汇漫游接入，指漫游用户通过拜访网络的网关 V-PGW 接入获取相应的业务，业务的提供者可以是归属网络，也可以是拜访网络。在 LBO 架构中，VPLMN 中的 PCF 可以与 AF 交互，以便为通过 VPLMN 传送的服务生成 PCC 规则。VPLMN 中的 PCF 根据与 HPLMN 运营商的漫游协议使用本地配置的策略作为 PCC 规则生成的输入，VPLMN 中的 PCF 没有来自 HPLMN 的用户策略信息的接入。

下图描述了在控制平面内具有基于服务的接口的归属路由场景的情况下的 5G 系统漫游架构。

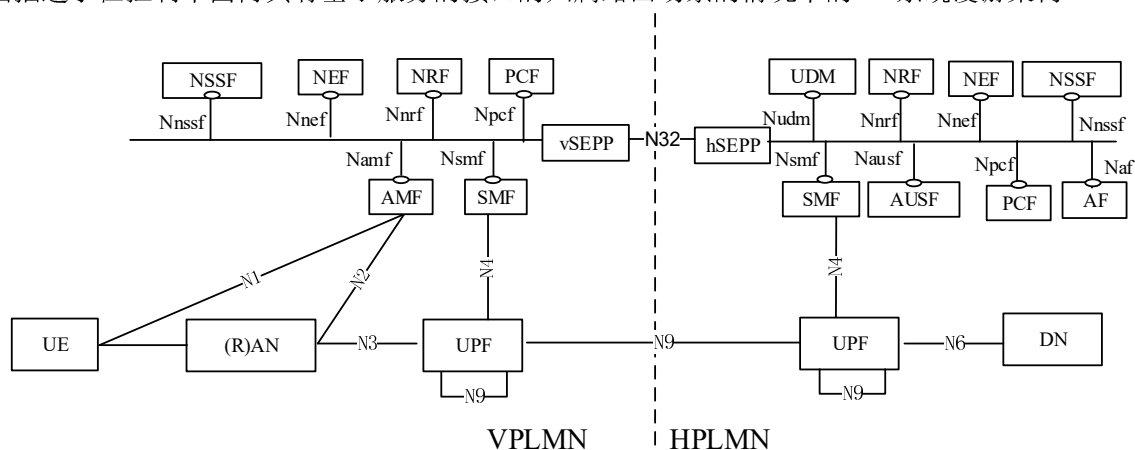


图 2.2.2.2-3 漫游 5G 系统架构 - 基于服务的接口表示中的归属路由场景

下图描述了使用参考点表示的本地分汇场景的 5G 系统漫游架构：

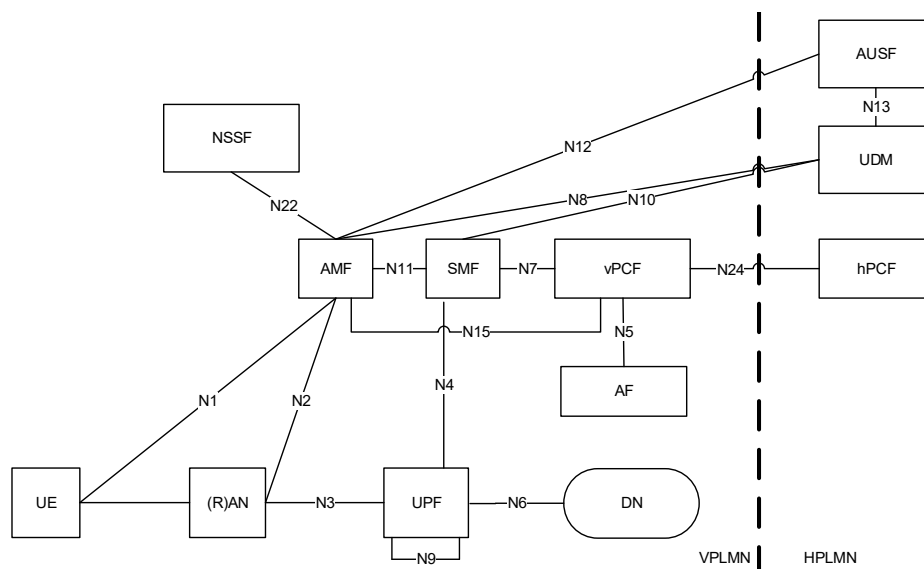


图 2.2.2.2-4：漫游 5G 系统架构 - 参考点表示中的本地分汇场景

NRF 未在参考点架构图中描述。有关 NRF 和 NF 接口的详细信息，请参见图 2.2.2.2-7。为清楚起见，在漫游参考点架构图中未描绘 SEPP。

下图 2.2.2.2-6 描述了在使用参考点表示的归属路由场景的情况下的 5G 系统漫游架构：

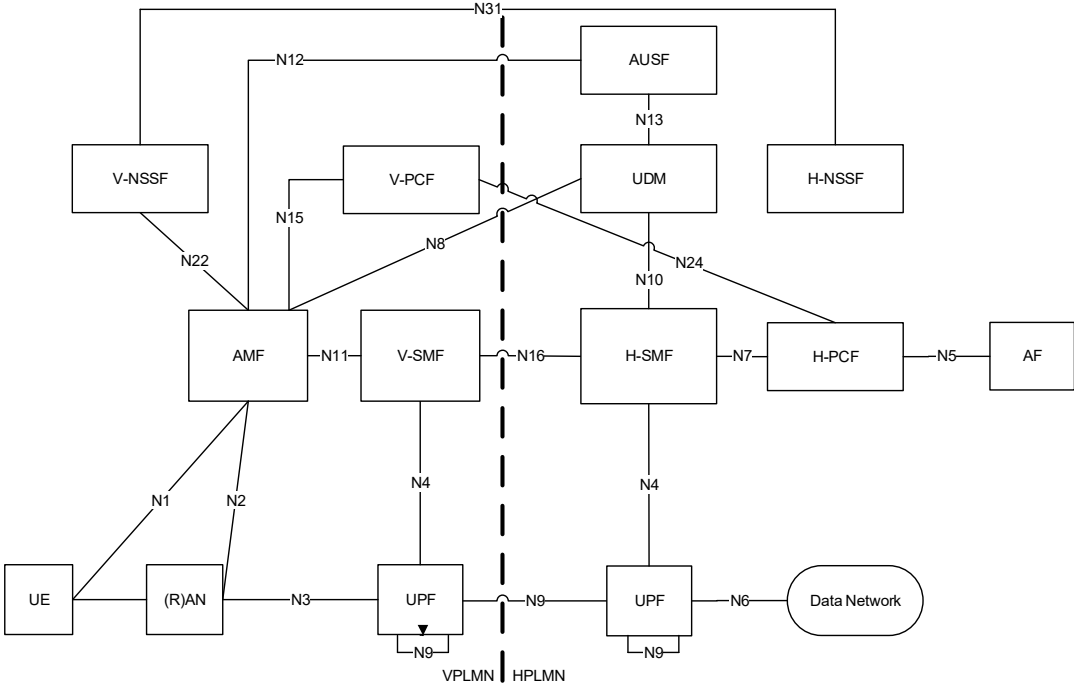


图 2.2.2.2-6：漫游 5G 系统架构 - 参考点表示中的主路由场景

对于上述漫游场景，每个 PLMN 实现代理功能以保护 PLMN 间接口上的互连和隐藏拓扑。

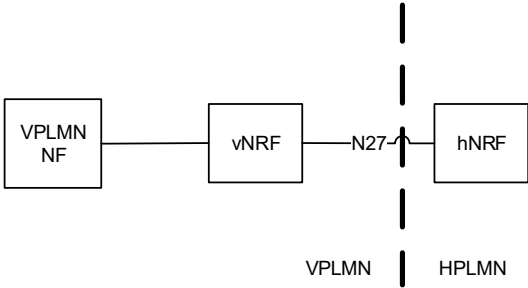


图 2.2.2.2-7：参考点表示中的 NRF 漫游架构

注：为清楚起见，PLMN 边界两侧的 SEPP 未在图 2.2.2.2-7 中描述。

2.2.2.3 数据存储参考架构

数据存储架构

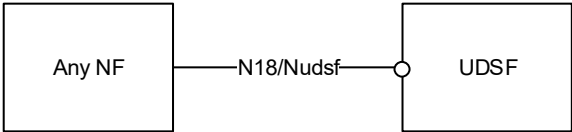


图 2.2.2.3-1：来自任何 NF 的非结构化数据的数据存储架构

如图 2.2.2.3-1 所示，5G 系统架构允许任何 NF 在 UDSF（例如 UE 上下文）中存储和检索其非结构化数据。UDSF 属于网络功能所在的同一 PLMN，CP NF 可以共享用于存储它们各自的非结构化数据的 UDSF，或者每



个可以具有它们自己的 UDSF（例如，UDSF 可以位于相应的 NF 附近）。3GPP 将指定（可能通过引用的方式）使用 N18 / Nudsf 接口。

### 数据存储架构

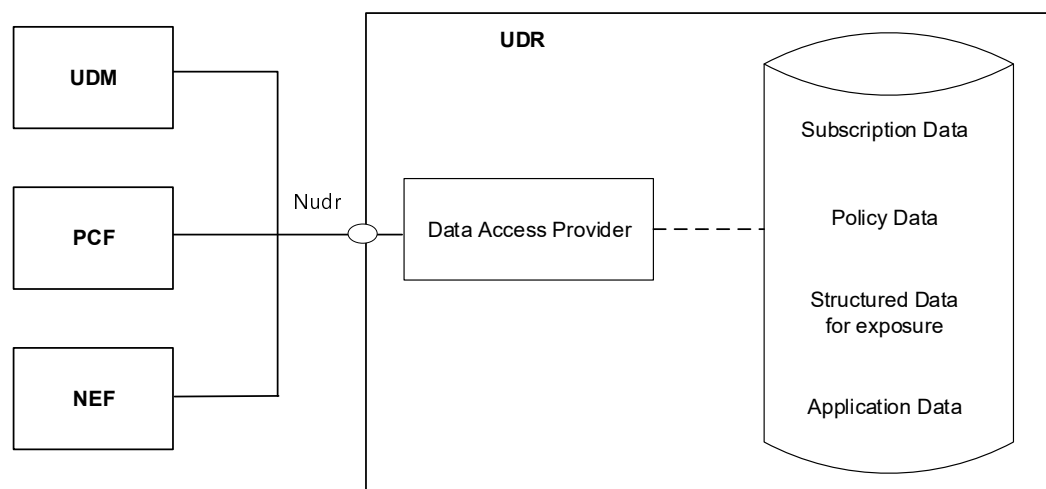


图 2.2.2.3-2 : 数据存储架构

如图 2.2.2.3-2 所示，5G 系统架构允许 UDM，PCF 和 NEF 在 UDR 中存储数据，包括 UDM 和 PCF 的用户数据和策略数据，用于开放和应用数据的结构化数据（包括数据包流）NEF 对应用检测的描述（PFD），多个 UE 的 AF 请求信息。

UDR 可以部署在每个 PLMN 中，它可以提供不同的功能，如下所示：

- NEF 访问的 UDR 属于 NEF 所在的 PLMN。
- 如果 UDM 支持分离架构，则 UDM 访问的 UDR 属于 UDM 所在的同一 PLMN。
- PCF 访问的 UDR 属于 PCF 所在的 PLMN。

部署在每个 PLMN 中的 UDR 都可以存储漫游用户的应用数据。可以在网络中部署多个 UDR，每个 UDR 可以容纳不同的数据集或子集（例如，用户数据，用户策略数据，用于展示的数据，应用数据）和/或服务于不同的 NF 组。UDR 为单个 NF 提供服务并存储其数据，因此提供了灵活部署的可能性，可以灵活与 NF 集成的部署。图 2.2.2.3-2 中 UDR 的内部结构仅供参考，具体根据网络需要部署。Nudr 接口是为网络功能（即 NF 服务用户）定义的，例如 UDM，PCF 和 NEF，接入是一组特定的数据存储和读取，更新（包括添加，修改），删除和用户 UDR 中相关数据变更的通知。通过 Nudr 访问 UDR 的每个 NF 服务用户应能够添加，修改，更新或删除它有权更改的数据。此授权应由 UDR 根据每个数据集和 NF 服务使用者基础执行，并且可能基于每个 UE 用户粒度执行。

通过 Nudr 向相应的 NF 服务用户公开并存储的 UDR 集中的以下数据应标准化：

- 用户数据，
- 策略数据，
- 结构化数据开放，
- 应用数据：用于应用检测的分组流描述（PFD）和用于多个 UE 的 AF 请求信息。

基于服务的 Nudr 接口定义，由 3GPP 定义数据集公开信息单元的内容和格式/编码确定。此外，NF 服务用户可以从 UDR 获取接入操作员特定数据集以及每个数据集的操作员特定数据。值得注意的是，运营商特定数据和运营商特定数据集的内容和格式/编码不受标准化的约束，存储在 UDR 中的不同数据的组织形式，也不是标准化的。

2.2.2.4 与 EPC 互通参考架构

与 EPC 互通非漫游架构

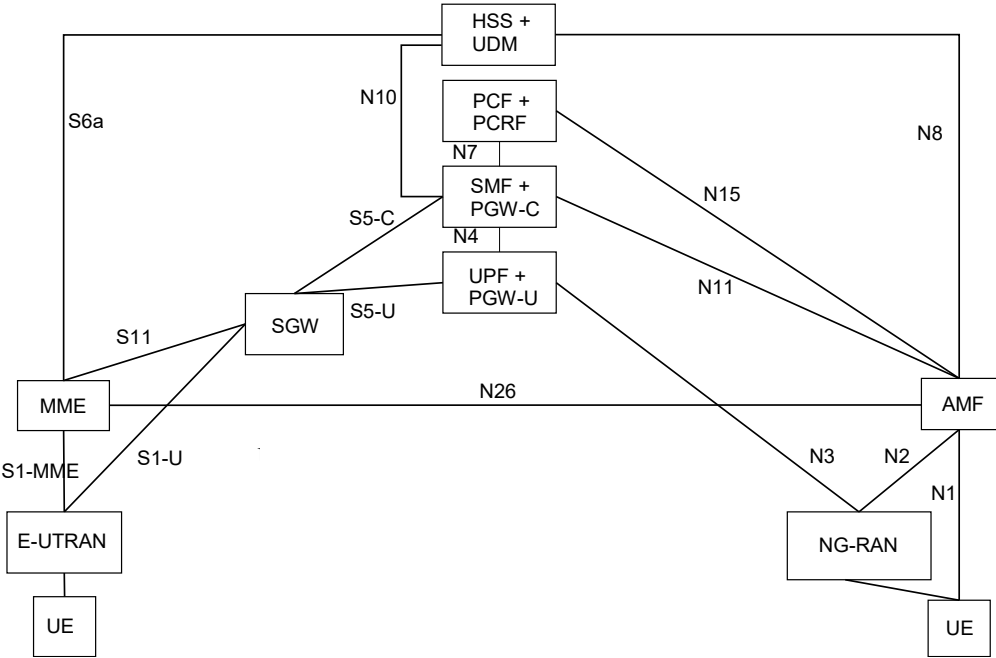


图 2.2.2.4-1 : 5GS 和 EPC / E-UTRAN 之间互通的非漫游架构

图 2.2.2.4-1 表示 5GS 和 EPC / E-UTRAN 之间互通的非漫游架构，N26 接口是 MME 和 5GS AMF 之间的 CN 间接口，以实现 EPC 和 NG 核心之间的互通。网络中支持 N26 接口是互通的可选项，N26 支持 S10 支持的功能子集（对互通至关重要）。PCF + PCRF，PGW-C + SMF 和 UPF + PGW-U 专用于 5GS 和 EPC 之间的互通，这是可选的，基于 UE MM 核心网络能力和 UE 用户。不受 5GS 和 EPC 互通的 UE 可以由不专用于互通的实体服务，即通过 PGW / PCRF 或 SMF / UPF / PCF 服务。在 NG-RAN 和 UPF + PGW-U 之间可以存在另一个 UPF（在上图中未示出），即如果需要，UPF + PGW-U 可以支持 N9 朝向另外的 UPF。本规范中的图和流程描述的 SGW，没有区分 SGW 是作为单片 SGW 部署，还是作为 SGW 分开其控制平面和用户平面功能。

与 EPC 互通漫游架构

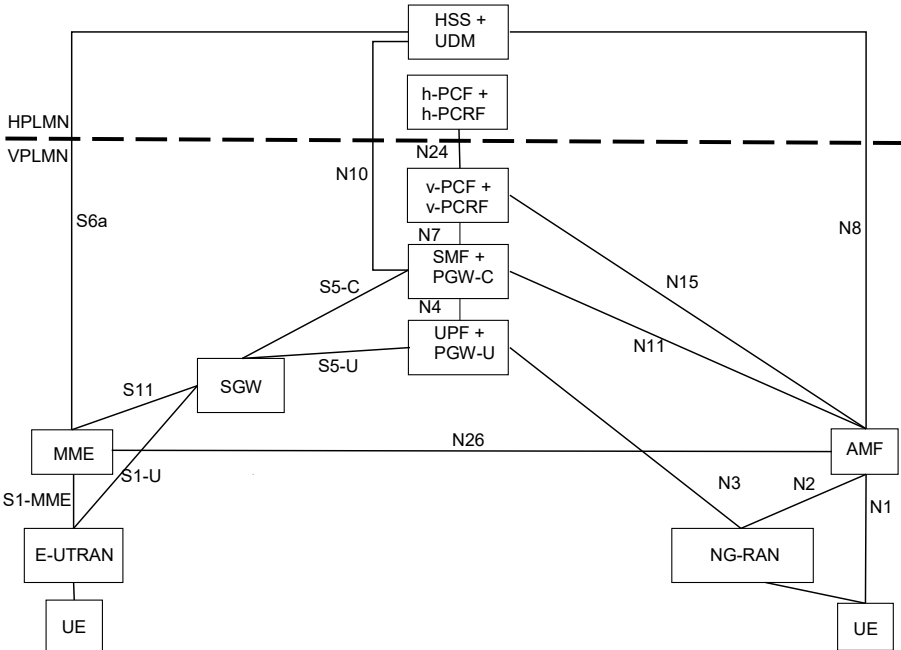


图 2.2.2.4-2 : 5GS 和 EPC / E-UTRAN 之间互通的本地分汇漫游架构

图 2.2.2.4-2 表示具有本地分汇的漫游架构，图 2.2.2.4-3 表示具有用于 5GS 和 EPC / E-UTRAN 之间的互通的归属路由流量的漫游架构。在 NG-RAN 和 UPF + PGW-U 之间可以存在另一个 UPF（在上图中未示出），即，如果需要，UPF + PGW-U 可以支持 N9 朝向附加 UPF。由于不存在已知部署，因此不需要来自 EPC 的 S9 接口。

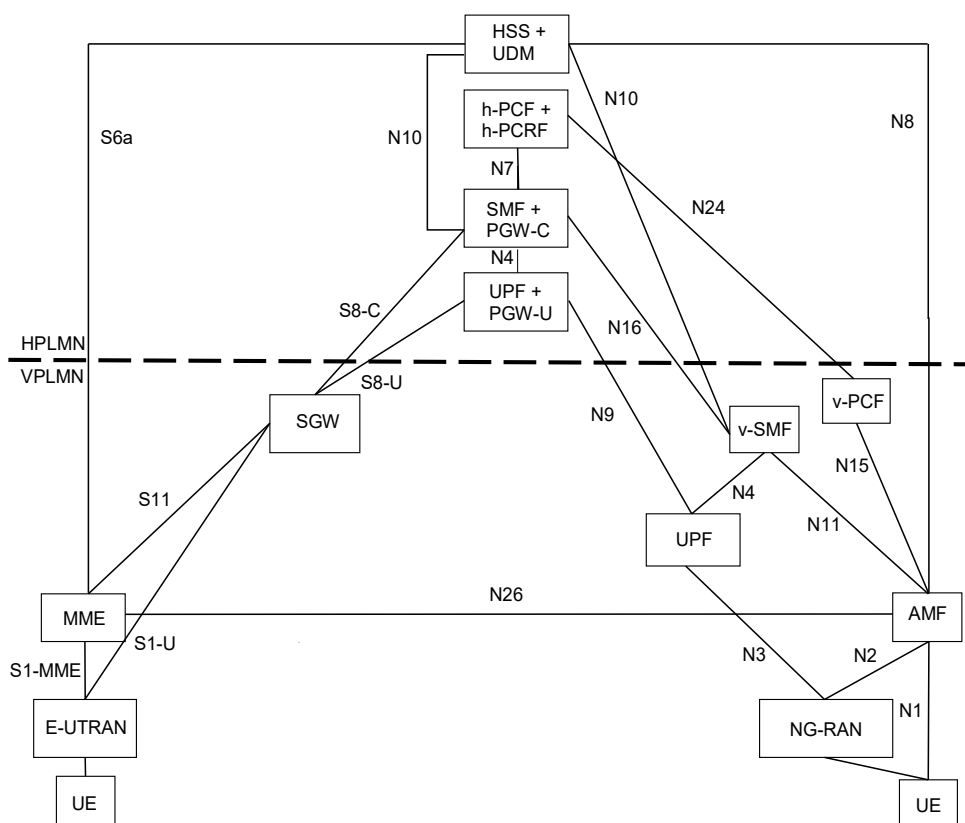


图 2.2.2.4-3：用于 5GS 和 EPC / E-UTRAN 之间互通的归属路由漫游架构

## 2.2.2.5 非 3GPP 接入参考架构

### 支持非 3GPP 接入的一般概念

5G 核心网络支持通过非 3GPP 接入网络（例如 WLAN 接入）连接 UE。本节中仅描述了部署在 NG-RAN 之外的非 3GPP 接入网络（称为“独立”非 3GPP 接入）的支持。在此版本的规范中，5G 核心网仅支持不受信任的非 3GPP 访问。

**N3IWF 功能**：非 3GPP 接入网络应通过非 3GPP 互通功能（N3IWF）连接到 5G 核心网络。N3IWF 分别通过 N2 和 N3 接口连接 5G 核心网 CP 和 UP 功能。

N2 和 N3 参考点分别用于将独立的非 3GPP 接入连接到 5G 核心网络控制平面和用户平面功能。在 UE 连接之后，通过独立的非 3GPP 接入访问 5G 核心网的 UE 应使用 N1 参考点支持具有 5G 核心网控制平面功能的 NAS 信令。当 UE 通过 NG-RAN 和独立的非 3GPP 接入连接时，UE 应存在多个 N1 实例，即 NG-RAN 上应有一个 N1 实例，非 3GPP 接入上应有一个 N1 实例。

如果所选择的 N3IWF 与 3GPP 接入位于相同的 PLMN 中，则通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入同时连接到 PLMN 的相同 5G 核心网络的 UE 将由同一个 AMF 服务。当 UE 连接到 PLMN 的 3GPP 接入时，如果 UE 选择 N3IWF 并且 N3IWF 位于与 3GPP 接入的 PLMN 不同的 PLMN 中，例如在不同的 VPLMN 或 HPLMN 中，则服务 UE 由两个 PLMN 分开。UE 注册了两个独立的 AMF，3GPP 接入上的 PDU 会话由 V-SMF 提供服务，不同于通过非 3GPP 接入服务 PDU 会话的 V-SMF。3GPP 接入的 PLMN 选择不依赖于 N3IWF 选择。如果 UE 通过非 3GPP 注册，则 UE 独立于 N3IWF 所属的 PLMN 执行 3GPP 接入的 PLMN 选择。

UE 应与 N3IWF 建立 IPsec 通道，以通过不可信的非 3GPP 接入连接到 5G 核心网络。在 IPsec 通道建立过程中，UE 应由 5G 核心网络认证并连接到 5G 核心网络。有关 UE 通过不可信的非 3GPP 接入连接到 5G 核心网络的更多详细信息，我们在后面的核心网流程上会有更详细描述。在 UE 上通过该接入的所有 PDU 会话已经释放或移交给 3GPP 接入之后，应该可以通过非 3GPP 接入维持与 AMF 的 UE NAS 信令连接。

独立非 3GPP 接入上的 N1 NAS 信令应使用与 3GPP 接入的 N1 相同的安全机制进行保护。支持 UE 和 N3IWF 之间的用户平面 QoS 区分。

非 3GPP 访问的非漫游架构

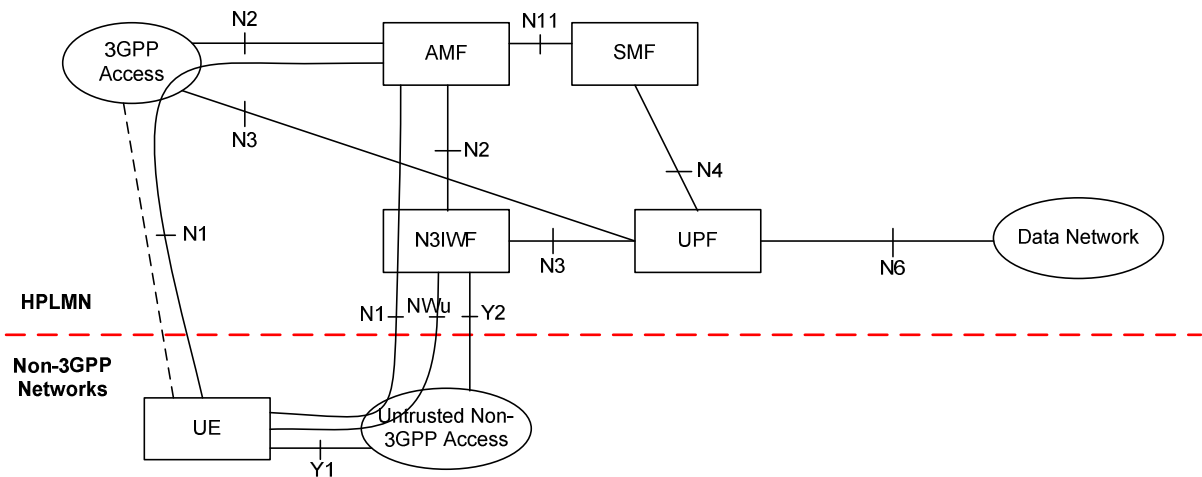


图 2.2.2.5-1：具有非 3GPP 接入的 5G 核心网的非漫游架构

- 图 2.2.2.5-1 中的参考架构仅显示直接连接到非 3GPP 接入的架构和网络功能，架构的其他部分与上面 3GPP 内部非漫游架构定义相同。
- 图 2.2.2.5-1 中的参考架构支持 AMF、SMF 和图中未示出的其他 NF 的基于服务的接口。
- 图 2.2.2.5-1 中的两个 N2 实例适用于 UE 的单个 AMF，它同时通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入连接到同一个 5G 核心网络。
- 当通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入建立不同的 PDU 会话时，图 2.2.2.5-1 中的两个 N3 实例可以应用于不同的 UPF。

用于非 3GPP 访问的 LBO 漫游架构，与 3GPP 接入相同的 PLMN 中的 N3IWF

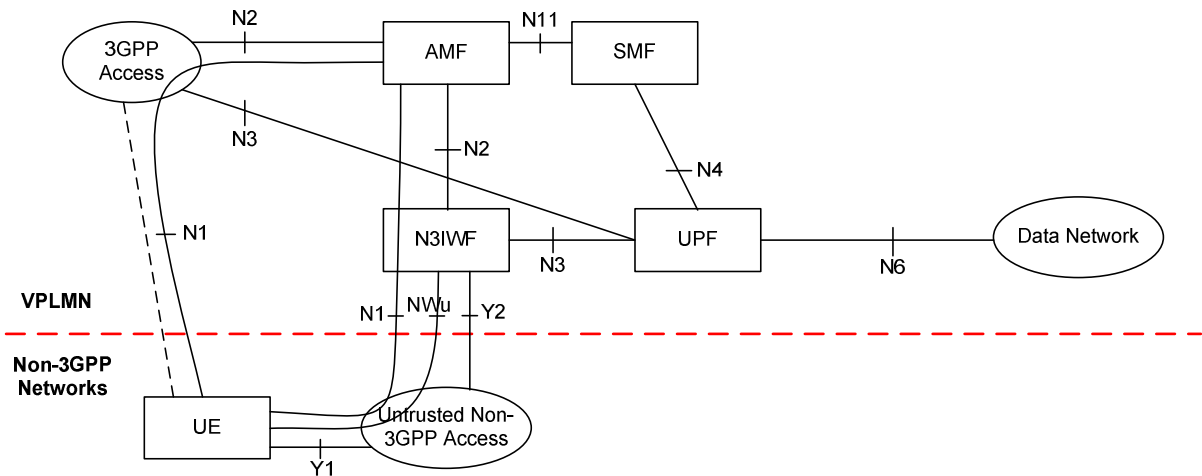


图 2.2.2.5-2：具有非 3GPP 接入的 5G 核心网的 LBO 漫游架构 - VPLMN 中的 N3IWF

- 图 2.2.2.5-2 中的参考架构仅显示直接连接以支持非 3GPP 接入的架构和网络功能，架构的其他部分与第 4.2 节中定义的相同。
- 图 2.2.2.5-2 中的参考架构支持 AMF，SMF 和图中未示出的其他 NF 的基于服务的接口。
- 图 2.2.2.5-2 中的两个 N2 实例适用于 UE 的单个 AMF，UE 通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入同时连接到 5G 核心网络。
- 当在 3GPP 接入和非 3GPP 接入上建立不同的 PDU 会话时，图 2.2.2.5-2 中的两个 N3 实例可以应用于不同的 UPF。

用于非 3GPP 访问的归属路由漫游架构，N3IWF 在与 3GPP 接入相同的 PLMN 中

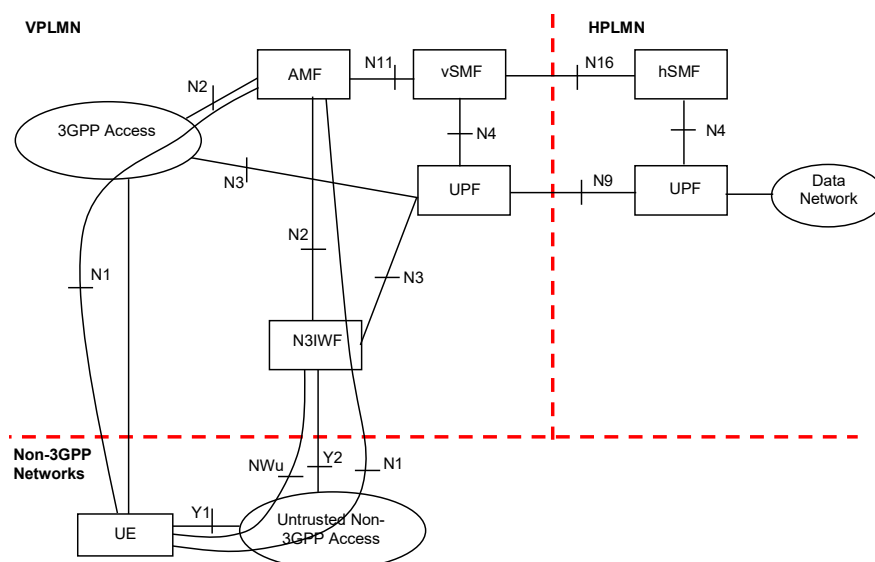


图 2.2.2.5-3：具有非 3GPP 接入的 5G 核心网络的归属路由漫游架构 - 与 3GPP 接入在同一 VPLMN 中的 N3IWF

- 图 2.2.2.5-3 中的参考架构仅显示直接连接以支持非 3GPP 接入的架构和网络功能，架构的其他部分与第 4.2 节中定义的相同。
- 图 2.2.2.5-3 中的两个 N2 实例适用于 UE 的单个 AMF，UE 通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入同时连接到 5G 核心网络。

用于非 3GPP 访问的 LBO 漫游架构，来自 3GPP 接入的不同 PLMN 中的 N3IWF

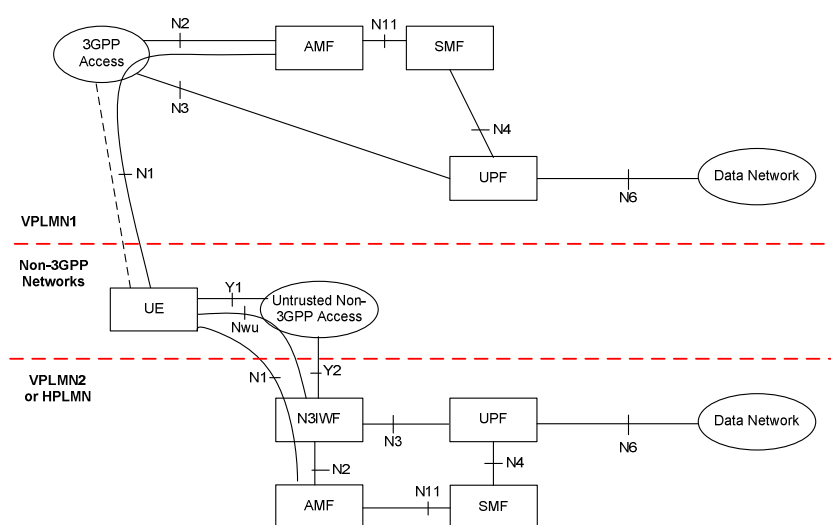


图 2.2.2.5-4：具有非 3GPP 接入的 5G 核心网络的 LBO 漫游架构 - 来自 3GPP 接入的不同 PLMN 中的 N3IWF

- 图 2.2.2.5-4 中的参考架构仅显示直接连接以支持非 3GPP 接入的架构和网络功能，架构的其他部分与第 4.2 节中定义的相同。
- 图 2.2.2.5-4 中的参考架构支持 AMF，SMF 和图中未示出的其他 NF 的基于服务的接口。
- 图 2.2.2.5-4 中的两个 N2 实例适用于 UE 的两个不同 AMF，UE 通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入同时连接到 5G 核心网络。

用于非 3GPP 访问的归属路由漫游架构，来自 3GPP 接入的不同 PLMN 中的 N3IWF

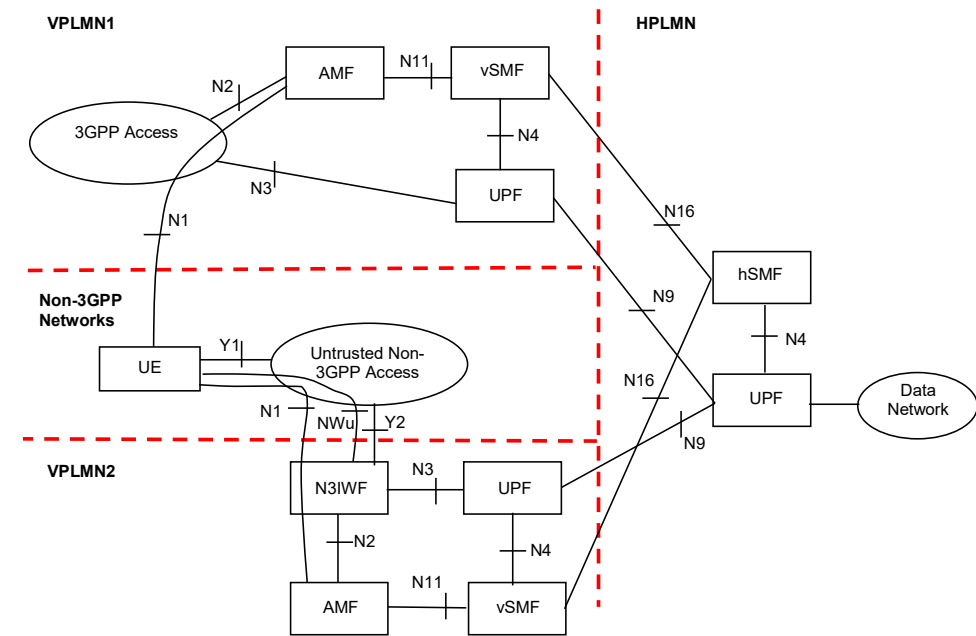


图 2.2.2.5-5：具有非 3GPP 接入的 5G 核心网的归属路由漫游架构 - 与 3GPP 接入不同的 VPLMN 中的 N3IWF

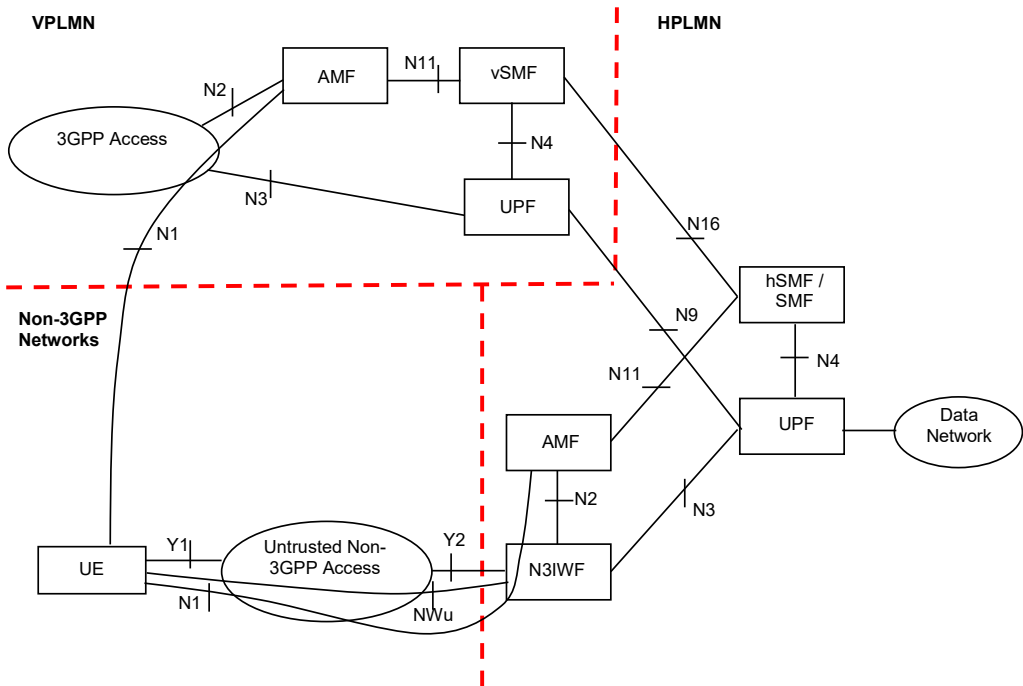


图2. 2. 2. 5-6：具有非3GPP 接入的5G核心网的家庭路由漫游架构 - HPLMN中的N3IWF和3GPP 接入中的不同PLMN

- 图 2.2.2.5-5 和图 2.2.2.5-6 中的参考架构仅显示了直接连接的架构和网络功能，以支持非 3GPP 接入，并且架构的其他部分与 3GPP 内部架构相同。

- 图 2.2.2.5-5 和图 2.2.2.5-6 中的两个 N2 实例适用于 UE 的两个不同 AMF, UE 通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入同时连接到 5G 核心网络。

### 非 3GPP 接入参考点

特定于非 3GPP 接入的参考点的描述:

N2, N3, N4, N6: 这些在前面已有定义。

**Y1** UE 与非 3GPP 接入 (例如 WLAN) 之间的参考点。这取决于非 3GPP 接入技术, 并且不在 3GPP 的范围内。

**Y2** 用于传输 NWu 流量的不可信的非 3GPP 接入和 N3IWF 之间的参考点。

**NWu** UE 和 N3IWF 之间用于在 UE 和 N3IWF 之间建立安全通道的参考点, 以便在 UE 和 5G 核心网络之间交换的控制平面和用户平面通过不可信的非 3GPP 接入安全地传输。

## 2.2.3 基于服务的接口和参考点

### 2.2.3.1 基于服务的接口

5G 系统架构包含以下基于服务的接口:

NAMF: AMF 展示的基于服务的接口。

Nsmf: SMF 展示的基于服务的接口。

Nnef: NEF 展示的基于服务的接口。

NPCF: PCF 展示的基于服务的接口。

Nudm: UDM 展示的基于服务的接口。

NAF: AF 展示的基于服务的接口。

Nnrf: NRF 展示的基于服务的接口。

Nnssf: NSSF 展示的基于服务的接口。

Nausf: AUSF 展示的基于服务的接口。

Nudr: UDR 展示了基于服务的接口。

Nudsf: UDSF 展示的基于服务的接口。

N5g-EIR: 5G-EIR 展示的基于服务的接口。

Nnwdaf: NWDAF 展示的基于服务的接口。

Nsmsf: SMSF 展示的基于服务的接口。

### 2.2.3.2 参考点

5G 系统架构包含以下参考点:

N1: UE 和 AMF 之间的参考点。

N2: (R) AN 和 AMF 之间的参考点。

N3: (R) AN 和 UPF 之间的参考点。

N4: SMF 和 UPF 之间的参考点。

N6: UPF 和数据网络之间的参考点。

本规范的版本中未指定充当上行链路分类器的 UPF 与本地数据网络之间的 N6 的流量转发细节。

N9: 两个 UPF 之间的参考点。

以下参考点显示了 NF 中 NF 服务之间存在的相互作用。这些参考点通过相应的基于 NF 服务的接口并通过指定所

识别的用户和生产者 NF 服务以及它们的交互来实现，以便实现特定的系统过程。

N5: PCF 和 AF 之间的参考点。

N7: SMF 和 PCF 之间的参考点。

N24: 访问网络中的 PCF 与归属网络中的 PCF 之间的参考点。

N8: UDM 和 AMF 之间的参考点。

N10: UDM 和 SMF 之间的参考点。

N11: AMF 和 SMF 之间的参考点。

N12: AMF 和 AUSF 之间的参考点。

N13: UDM 和认证服务器之间的参考点用于 AUSF。

N14: 两个 AMF 之间的参考点。

N15: 在非漫游场景的情况下 PCF 和 AMF 之间的参考点, 在访问网络中的 PCF 和在漫游场景的情况下的 AMF。

N16: 两个 SMF 之间的参考点（在访问网络中的 SMF 和归属网络中的 SMF 之间的漫游情况下）。

N17: AMF 和 5G-EIR 之间的参考点。

N18: 任何 NF 和 UDSF 之间的参考点。

N22: AMF 和 NSSF 之间的参考点。

N23: PCF 和 NWDAF 之间的参考点。

N24: NSSF 和 NWDAF 之间的参考点。

N27: 访问网络中的 NRF 与归属网络中的 NRF 之间的参考点。

N31: 访问网络中的 NSSF 与归属网络中的 NSSF 之间的参考点。

在某些情况下，可能需要将几个 NF 相互关联以服务于 UE。

除了上面的参考点之外，SMF 和计费系统（CDF 和 OCS）之间还有接口/参考点。在本说明书的架构图示中未描绘参考点。

N32: 拜访网络中的 SEPP 与归属网络中的 SEPP 之间的参考点。

N33: NEF 和 AF 之间的参考点。

N40: SMF 和 CHF 之间的参考点。

N50: AMF 和 CBCF 之间的参考点。

### 参考点支持 NAS 上的 SMS

N1: 通过 NAS 在 UE 和 AMF 之间进行 SMS 传输的参考点。

以下参考点通过基于服务的接口实现：

N8: AMF 和 UDM 之间的 SMS 用户数据检索的参考点。

N20: AMF 和 SMS 功能之间 SMS 传输的参考点。

N21: SMS 功能地址注册管理和 SMS 管理 SMS 功能和 UDM 之间的用户数据检索的参考点。

## 2.3 5G 部署和网络切片

### 2.3.1 5G 网络部署

#### 2.3.1.1 5G 功能架构的灵活性

在传统的网络中，如何将 NF 和 NE 分拆到物理节点是针对特定的部署进行的。5G 基于 NF 定义和网络功能之间的逻辑架构，优势如下：

➤ 参考传输网络的能力和制约因素，灵活优化配置 NF；



- 避免冗余，根据实际情况灵活布置 NF；
- NF 可以通过特殊方式进行优化；
- 开放接口，可以使用通用设备进行接入部署。

物理层的架构决定了无线接入的一些列特点，例如网络密度、无线接入节点特性（尺寸、天线数量、发射功率）、传播特性、用户终端数量、用户移动性特征和话务特征。物理架构也决定了无线接入节点和传输网络回传技术，它的构成可能是异构混合模式，由固网连接和无线接入组成。而且物理部署定义了面向核心网的技术逻辑单元。所有这些特点包含物理特性和限制，影响着功能和逻辑移动网络元素之间的互动。

功能分拆选择和物理部署的条件紧密相关，例如，某个功能分拆决定了必须由物理基础设施提供的逻辑接口，而物理设施往往带给逻辑接口限制条件。首先要考虑网络密度，单位面积无线接入节点的数量越多，会场的流量越大。在 RAN 协议中，更高层的功能拆分，可以支持更多的接入点。

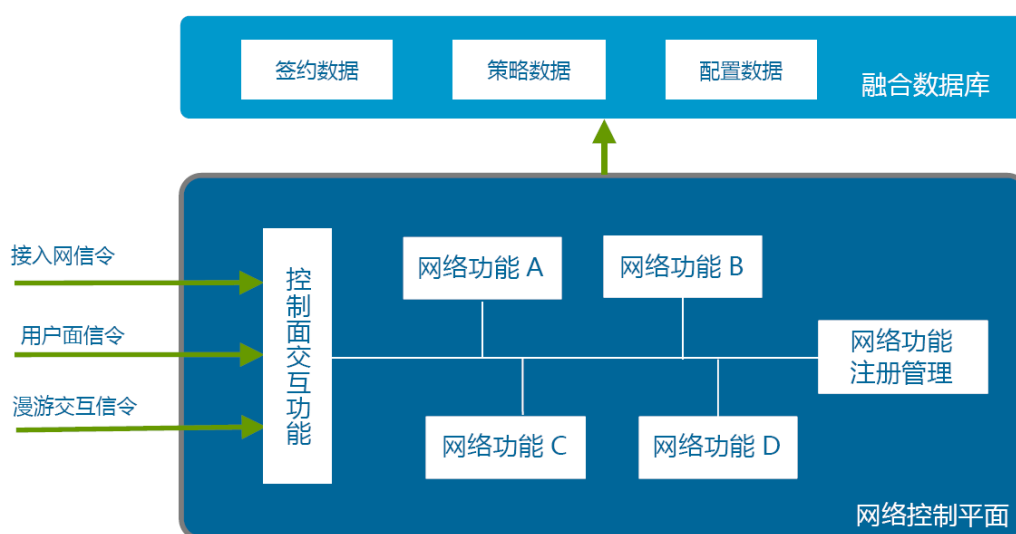


图 2.3.1-1 按需定制的 5G 移动网络

### 按需的会话管理

按需的会话管理是指 5G 网络会话管理功能可以根据不同终端属性、用户类别和业务特征，灵活的配置连接类型、锚点位置和业务连续性能力等参数。例如，4G 中针对互联网应用的“永久在线”连接将成为 5G 会话的一个选项。

用户可以根据业务特征选择连接类型，例如，选择支持互联网业务的 IP 连接；利用信令面通道实现无连接的物联网小数据传输；或为特定业务定制 Non-IP 的专用会话类型。用户可以根据传输要求选择会话锚点的位置和设置转发路径。对移动性和业务连续性要求高的业务，网络可以选择网络中心位置的锚点和隧道机制，对于实时性要求高的交互类业务则可以选择锚点下沉，就近转发；对转发路径动态性较强的业务则可以引入 SDN 机制实现连接的灵活编程。

### 按需的移动性管理

网络侧移动性管理包括在激活态维护会话的连续性和空闲态保证用户的可达性。通过对激活和空闲两种状态下移动性功能的分级和组合，根据终端的移动模型和其所用业务特征，有针对性的为终端提供相应的移动性管理机制。

例如，针对海量的物联网传感终端无移动性、成本敏感和高节能的要求，网络可选择不检测空闲态传感器终端是否可达，只在终端主动结束休眠和网络联系的时候，才能发送上下行数据，从而有效的节约电量。在激活态，网络可以简化状态维护和会话管理机制，大大降低终端的成本。

此外，网络还可以按照条件变化动态调整终端的移动性管理等级。例如对一些垂直行业应用，在特定工作区域内可以为终端提供高移动性等级，来保证业务连续性和快速寻呼响应，在离开该区域后，网络动态将终端移动

性要求调到低水平，提高节能效率。

### 按需的安全功能

5G 为不同行业提供差异化业务，需要提供满足各项差异化安全要求的完整性安全性方案。例如，5G 安全需要为移动互联网场景提供高效、统一兼容的移动性安全管理机制，5G 安全需要为 IoT 场景提供更加灵活开放的认证架构和认证方式，支持新的终端身份管理能力；5G 安全要为网络基础设施提供安全保障，为虚拟化组网、多租户多切片共享等新型网络环境提供安全隔离和防护功能。

### 控制面按需重构

控制面重构重新定义控制面网络功能，实现网络功能模块化，降低网络功能之间交互复杂性，实现自动化的发现和连接，通过网络功能的按需配置和定制，满足业务的多样化需求。如图 2.3.1-1 所示，控制面按需重构具备以下功能特征：

**接口中立**：网络功能之间的接口和消息应该尽量重用，通过相同的接口消息向其它网络功能调用者提供服务，将多个耦合接口转变为单一接口从而减少了接口数量。网络功能之间的通信应该和网络功能的部署位置无关。

**融合网络数据库**：用户签约数据、网络配置数据和运营商策略等需要集中存储，便于网络功能组件之间实现数据实时共享。网络功能采用统一接口访问融合网络数据库，减少信令交互。

**控制面交互功能**：负责实现与外部网元或者功能间的信息交互。收到外部信令后，该功能模块查找对应的网络功能，并将信令导向这组网络功能的入口，处理完成后结果将通过交互功能单元回送到外部网元和功能。

**网络组件集中管理**：负责网络功能部署后的网络功能注册，网络功能的发现和网络功能的状态检测等。

### 以用户为中心的无线接入网

5G 无线接入网改变了传统以基站为中心的设计思路，突出“网随人动”新要求，具体能力包括：灵活的无线控制、无线智能感知和业务优化、接入网协议定制化部署。

按照“网随人动”的接入网设计理念，通过重新定义信令功能和控制流程实现高效灵活的空口控制和简洁健壮的链路管理机制。通过将 UE 的上下文和无线通信链路与该 UE 提供无线传输资源的小区解耦，5G 新型接入网协议栈直接以 UE 为单位管理无线通信链路和上下文，并将为该 UE 的服务小区作为一种空口无线资源——小区区域，灵活地与时域、频域/码域和空域等进行四维无线资源的系统调度。系统每次进行资源授权时，在确定 UE 可用的空口传输时间（时域）之后，首先确定 UE 可用的小区（小区区域），在确定可用的小区后，再确定 UE 在这些可用的小区内的频率域/码域/功率域，以及天线选择的空域无线资源。协议栈功能可根据 UE 对空口信道质量的要求，对服务于 UE 的多种不同的物理层空口传输技术进行灵活控制。

## 2.3.1.2 5G 系统设计的逻辑和功能视图

5G 网络逻辑视图由 3 个功能平面构成：接入平面，控制平面和转发平面。

接入平面引入多站点协作、多连接机制和多制式融合技术，构建更灵活的接入网拓扑；控制平面基于可重构的集中的网络控制功能，提供按需的接入、移动性和会话管理，支持精细化资源管控和全面能力开放；转发平面具备分布式的数据转发和处理功能，提供更动态的锚点设置，以及更丰富的业务链处理能力。

在整体逻辑架构基础上，5G 网络采用模块化功能设计模式，并通过“功能组件”的组合，构建满足不同应用场景需求的专用逻辑网络。5G 网络以控制功能为核心，以网络接入和转发功能为基础资源，向上提供管理编排和网络开放的服务，形成三层网络功能视图。



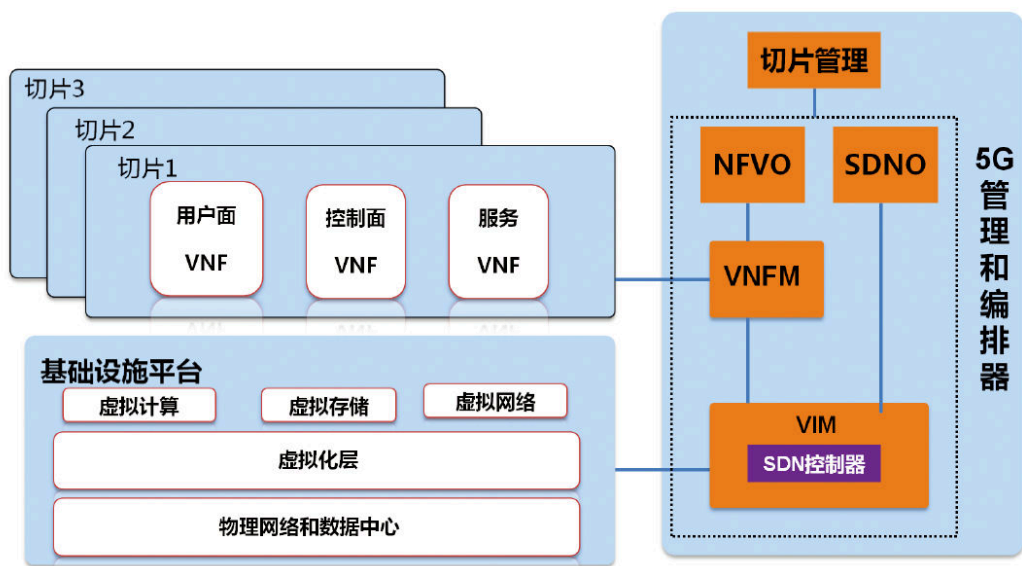


图 2.3.1-3 5G 组网设计视图

2.3.2 网络切片

网络片总是由 RAN 部分和 CN 部分组成。网络切片的支持依赖于不同切片的流量由不同的 PDU 会话处理的原理。网络可以通过调度以及通过提供不同的 L1 / L2 配置来实现不同的网络切片。如果已经由 NAS 提供，则 UE 在 RRC 消息中提供用于网络片选择的辅助信息。虽然网络可以支持大量切片（数百个），但 UE 不需要同时支持多于 8 个切片。

网络切片是一种概念，可根据每个客户的请求进行差异化处理。通过切片，移动网络运营商（MNO）可以将客户视为属于不同的用户类型，每个用户具有不同的服务请求，根据服务等级协议（SLA）管理每个用户有资格使用的切片类型和业务。NSSAI（网络片选择辅助信息）包括一个或多个 S-NSSAI（单 NSSAI）。每个网络片由 S-NSSAI 唯一标识。

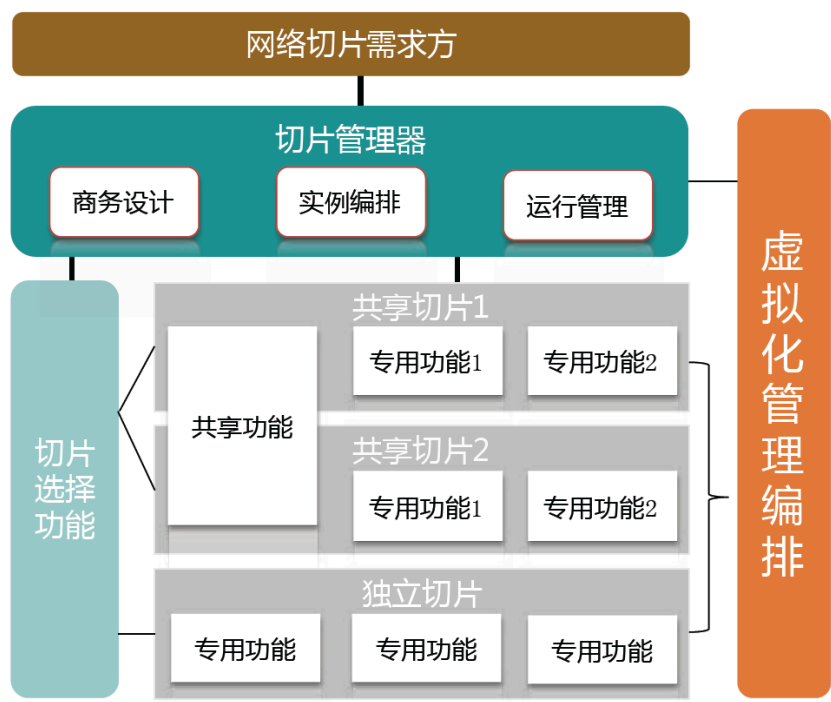


图 2.3.2-1 5G 网络切片架构

以下关键原则适用于支持 NG-RAN 中的网络切片：

### RAN 对切片的意识

NG-RAN 支持对已预先配置的不同网络片段的流量进行差异化处理。NG-RAN 如何支持 NG-RAN 功能（即包含每个切片的网络功能集）的切片启用是依赖于字段部署情况的。

### 选择网络切片的 RAN 部分

NG-RAN 通过 UE 或 5GC 提供的辅助信息支持网络切片的 RAN 部分的选择，该辅助信息明确地标识 PLMN 中的一个或多个预先配置的网络切片。

### 切片之间的资源管理

NG-RAN 根据服务级别协议支持切片之间的策略实施。单个 NG-RAN 节点应该可以支持多个切片。NG-RAN 应该可以自由地将 SLA 的最佳 RRM 策略应用于每个支持的片。

### 支持 QoS

NG-RAN 支持网络切片内的 QoS 区分。

### RAN 选择 CN 实体

对于初始附着，UE 可以提供辅助信息以支持 AMF 的选择。如果可用，NG-RAN 使用此信息将初始 NAS 路由到 AMF。如果 NG-RAN 不能使用该信息选择 AMF 或者 UE 不提供任何此类信息，则 NG-RAN 将 NAS 信令发送到默认 AMF 之一。对于后续接入，UE 提供由 5GC 分配给 UE 的临时 ID，以使 NG-RAN 能够将 NAS 消息路由到适当的 AMF，只要临时 ID 有效（NG-RAN 知道）和可以到达与临时 ID 相关联的 AMF。否则，适用初始附加方法。

### 切片之间的资源隔离

NG-RAN 支持切片之间的资源隔离。可以通过 RRM 策略和保护机制来实现 NG-RAN 资源隔离，这应该避免一个片中的共享资源的短缺破坏了另一个片的服务水平协议。应该可以将 NG-RAN 资源完全专用于某个功能。NG-RAN 如何支持资源隔离取决于网络字段如何部署和定义。

### 切片可用性

某些切片可能仅在部分网络中可用。支持 NG-RAN 的 S-NSSAI 由 OAM 配置。在 NG-RAN 中对其邻小区中支持的片段的意识可能有益于连接模式中的频率间移动性，假设切片可用性在 UE 的注册区域内不改变。NG-RAN 和 5GC 负责处理在给定区域中可能或可能不可用的片的服务请求。允许或拒绝对片的接入可取决于诸如片的支持，资源的可用性，NG-RAN 对所请求服务的支持等因素。

### 支持 UE 同时与多个网络片段相关联

在 UE 同时与多个网络切片相关联的情况下，仅维持一个信令连接，并且对于频率内小区重选，UE 总是试图驻留在最佳小区上。对于频率间小区重选，可以使用专用优先级来控制 UE 驻留的频率。

### 切片意识的粒度

通过在包含 PDU 会话资源信息的所有信令中指示与 PDU 会话相对应的 S-NSSAI，在 PDU 会话级引入 NG-RAN 中的切片感知。

### 验证 UE 接入网络片的权限

5GC 负责验证 UE 是否有权接入网络片。在接收初始上下文建立请求消息之前，可以允许 NG-RAN 基于对 UE 请求接入哪个片的感知来应用一些临时/本地策略。在初始上下文设置期间，NG-RAN 被告知正在请求资源的网络片。网络切片的详细实现过程会在后面的章节中描述。

赠阅到此为止，只提供第一章、第二章和目录，后面的内容请购买图书阅读。



**书名：**《深入浅出：5G 移动通信标准与架构》

**作者：**5G 哥

**页数：**约 336 页

**字数：**约 22 万字（赠在线文档阅读 220 万字）

**购买方法：**微信扫下面二维码，填写地址付款即可

