

5G 非公共网络技术与应用场景研究*

聂衡, 邢燕霞

(中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209)

摘要:介绍了5G非公共网络(Non-Public Network, NPN)技术产生的背景和目的、两种NPN组网方式的特点以及关键的技术内容、NPN与公共陆地移动网(Public Land Mobile Network, PLMN)网络的关系、NPN对网元的技术要求。从网络部署的角度对切片、独立的非公共网络(Stand-alone NPN, SNPN)和公共网络集成(Public Network Integrated NPN, PNI-NPN)技术进行了分析和比较,并且提出了应用企业专网的建议。

关键词:非公共网络;独立部署;PLMN集成部署;切片

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200986

中文引用格式: 聂衡, 邢燕霞. 5G 非公共网络技术与应用场景研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(11): 41–44.

英文引用格式: Nie Heng, Xing Yanxia. Research on technologies and application scenarios of 5G non-public network[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(11): 41–44.

Research on technologies and application scenarios of 5G non-public network

Nie Heng, Xing Yanxia

(China Telecom Corporation Limited Research Institute, Beijing 102209, China)

Abstract: In this paper, emergence background and intention of NPN are introduced, with the characteristic of two kind of NPN networks and their key technologic content. The relation between NPN and PLMN and technical requirement of NPN network entities are analysed. On the view of network deployment, comparison among Slicing, SNPN and PNI-NPN are presented, then selection of technology for private network is suggested.

Key words: NPN; independent deployment; PLMN integrated deployment; slicing

0 引言

随着5G技术标准的不断推进与发展,工业互联网开始将5G技术作为通信和连接的手段,借助5G技术的发展浪潮,推动无线技术在工业互联网中更加广泛的应用^[1],NPN技术因此应运而生。本文对NPN技术进行了分析,并对其在企业专网的应用及性能探讨。

1 NPN概述

考虑到5G网络除了传统的应用外也需要向企业扩展,第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)在R16设计了非公共网络NPN为企业网络提供解决方案。

3GPP设计的NPN是利用5G技术构建的独立于服务大众的PLMN网络的5G专网,用于非公共用途(例如:企业内部通信)。NPN的网络架构和PLMN网络架构相同,是用于非公共用途的5G网络。这样的设计方法可以降低NPN的成本,有利于NPN的推广和商用^[2]。

NPN包括两种方式:独立的非公共网络SNPN和公

共网络集成的非公共网络PNI-NPN。

SNPN是一种完全独立部署的5G网络,可以由NPN运营商运营,并且不依赖于PLMN提供的网络功能。SNPN包括基站、核心网和业务平台,服务化网络架构和云化组网将大大降低5G网络部署的门槛,提升按需自建网络的可行性。SNPN作为企业专网时与运营商PLMN网络的关系如图1所示。

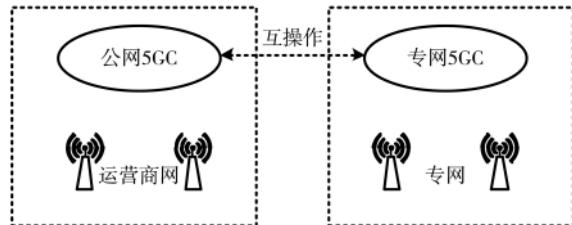


图1 SNPN与运营商PLMN的关系

PNI-NPN必须基于运营商PLMN的网络来部署。例如:垂直行业可以将自己的业务平台和接入站点连接到运营商的PLMN网络(通常是PLMN中的一个网络切片),相关的移动性、会话资源和数据流管理将使用运营商提

* 基金项目:国家科技重大专项课题(2017ZX03001019)

供的服务。PNI-NPN 作为企业专网时与运营商 PLMN 网络的关系如图 2 所示。

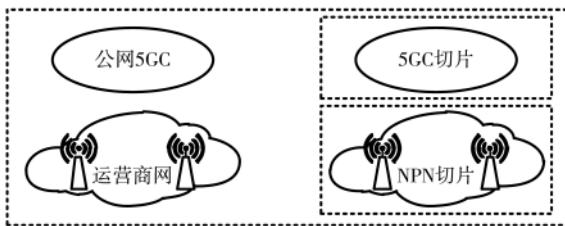


图 2 PNI-NPN 与与运营商 PLMN 的关系

2 SNPN

SNPN 由 PLMN ID 和网络标识符(Network Identifier, NID)的组合来标识, 用于 SNPN 的 PLMN ID 不需要唯一, 保留供私有网络使用的 PLMN ID 可以用于非公共网络。例如: 基于国际电联分配的移动国家代码(MCC: 999); 或 PLMN 运营商可以将自己的 PLMN ID 与一个或多个 NID 组合用于 SNPN 标识。对于后一种情况, 考虑到 SNPN 不依赖于 PLMN 提供的网络功能, 不支持 SNPN 用户在 PLMN 中进行注册以及在 PLMN 与 SNPN 之间的移动性。SNPN 的 NID 应支持两种分配模式: 自定义分配和统一分配模式。对应每一个 NID, 可选地有一个可读的网络名称, 有助于在手动选择 SNPN 期间标识 SNPN。

提供对 SNPN 的访问权限的下一代无线接入网节点(Next Generation Radio Access Network node, NG-RAN)节点广播一个或多个 PLMN ID 以及每个 PLMN ID 的 NID 列表, 用于标识 NG-RAN 提供的非公共网络访问。NG-RAN 节点也可以广播用于无线资源控制的信息等其他信息, 以防止不支持 SNPN 的 UE 访问小区, 例如: 该小区仅提供对非公共网络的访问。

当 UE 被设置为以 SNPN 接入模式运行时, UE 从 NG-RAN 广播系统信息中读取可用的 PLMN ID 和可用的 NID 列表, 用于网络选择。对于自动网络选择, 具有 SUPI 和可信凭证的 UE 选择相应的以 PLMN ID 和 NID 标识的可用 SNPN 并尝试进行注册。对于手动网络选择, UE 将向用户提供 NID 列表以及相应的可用 SNPN 的名称(如果有)供用户选择。当 UE 对 SNPN 执行初始注册时, UE 应向 NG-RAN 指示所选择的 NID 和相应的 PLMN ID。NG-RAN 应将选择的 PLMN ID 和 NID 通知接入和移动管理功能网元(Access and Mobility Management Function, AMF)。

如果 UE 在 SNPN 中执行注册或服务请求, 而 SNPN 中没有该 UE 的用户签约信息, 则 AMF 将拒绝 UE 请求, 并使用适当的原因代码来阻止该 UE 再次自动选择并向同一个 SNPN 注册。

当前 R16 阶段的 SNPN 设计的功能比较简单, SNPN 网络间不支持漫游和切换。SNPN 不支持与 4G 的互操作, 不支持紧急业务。

3 PNI-NPN

PNI-NPN 是通过 PLMN(例如: 通过专用 DNN)或通过为 NPN 分配的一个(或多个)PLMN 网络切片实例提供的 NPN。此时 UE 签约为 PLMN 用户。

由于网络切片无法阻止 UE 在不允许其使用的区域内尝试接入网络, 因此可以选择使用闭合接入组(Cell Access Group, CAG)来实现接入控制。CAG 并不是 5G 网络才有的新概念, 在 3G/4G 就已经存在。CAG 标识一组用户, 这些用户被允许接入与该 CAG 相关联的一个或多个 CAG 小区。CAG 用于 PNI-NPN 网络, 以防止 UE 通过自动选择接入关联的小区, 进而接入 NPN。CAG 用于在网络/小区选择时进行授权, 并在用户签约中将其配置为移动限制的一部分, 即独立于任何切片。CAG 不用作 AMF 选择或网络切片选择的输入。如果需要 NPN 网络隔离, 运营商可以为 PNI-NPN 网络配置专用的切片, 并限制用户签约这些专用的切片。

CAG 由 CAG 标识符标识, 该标识符在一个 PLMN 的范围内是唯一的。一个 CAG 小区广播 PLMN 内的一个或多个 CAG 标识符, 并且 CAG 小区还可以为每个 CAG 标识符广播可读的网络名称。可读网络名称仅在用户请求手动选择 CAG 时向用户显示。

为了支持 CAG, 可以在 UE 上进行预配置或(重)配置 CAG 信息。CAG 信息包括在用户的签约数据中作为移动限制的一部分。CAG 信息包括允许的 CAG 列表, 即允许 UE 接入的 CAG 标识符的列表, 可选地还包含 CAG-only 指示(是否仅允许 UE 经由 CAG 小区接入 5G 网络)。对于未配置 CAG-only 的用户, 既可以接入 PNI-NPN, 也可以接入 PLMN, 可以在两个网络间移动。用户的归属 PLMN 可以使用 UE 配置更新过程, 为 UE 预配置或重配置上述 CAG 信息。

如果在签约中配置, PLMN 网络根据允许的 CAG 列表来限制 UE 的移动性, 以及指示是否仅允许 UE 接入 CAG 小区。

4 NPN 对 5G 核心网的功能要求

对于 SNPN, 在注册流程或业务请求流程中, 当从 NG-RAN 接收的 N2 消息中包含 PLMN ID 或 PLMN ID 与 NID 的组合时, AMF 应根据该 SNPN 中是否有该 UE 的用户信息(用户签约), 确定是否接受或拒绝 UE 的注册请求或业务请求。

对于 PNI-NPN, 当从 NG-RAN 接口上接收的 N2 消息中包含 CAG ID 时, AMF 应根据从统一数据管理网元(Unified Data Management, UDM)中取回的用户的接入和移动性签约数据, 判断是否接受注册请求/接入请求。当签约数据包含 CAG 信息时, AMF 会接受该注册请求, 并将包含允许的 CAG 列表以及可选的 CAG-only 指示的移动限制信息通过 N2 接口发送给 NG-RAN, 通过 N1 发送给 UE^[3]。AMF 从 UDM 接收发生变化的 CAG 信息后, AMF 应更新 UE 和 NG-RAN 的移动限制信息。

对于 PNI-NPN，用户需在 PLMN 网络中进行签约。UDM 在接入和移动签约数据中签约用户的 PNI-NPN 网络的 CAG 信息，包括：允许的 CAG 列表和 CAG-Only 指示等。在 UE 注册过程中，UDM 将包含 CAG 信息的签约数据返回给 AMF。根据运营商的策略，可以修改用户在 UDM 上的签约数据，UDM 通知网络侧签约数据更新。

5 NPN 与 PLMN 的互通

虽然 SNPN 是与 PLMN 独立存在的网络，但是 SNPN 也可以通过 3GPP 定义的技术手段与 PLMN 互通。在

SNPN 网络注册的 UE 可以通过 SNPN 网络以非受信任的非 3GPP 方式接入 PLMN 网络，使用 PLMN 提供的服务；在 PLMN 注册的 UE 可以以非受信任的非 3GPP 方式通过 PLMN 接入 SNPN 网络，使用 SNPN 提供的服务^[4]。这两种方式分别如图 3 和图 4 所示。

可以看出：UE 在 SNPN 和 PLMN 之间的业务连续性依赖于非 3GPP 的业务连续性流程，从而实现了用户从专网到公网、从公网到专网的移动。

对于同时支持 SNPN 和 PLMN 接入的 UE，可以基于

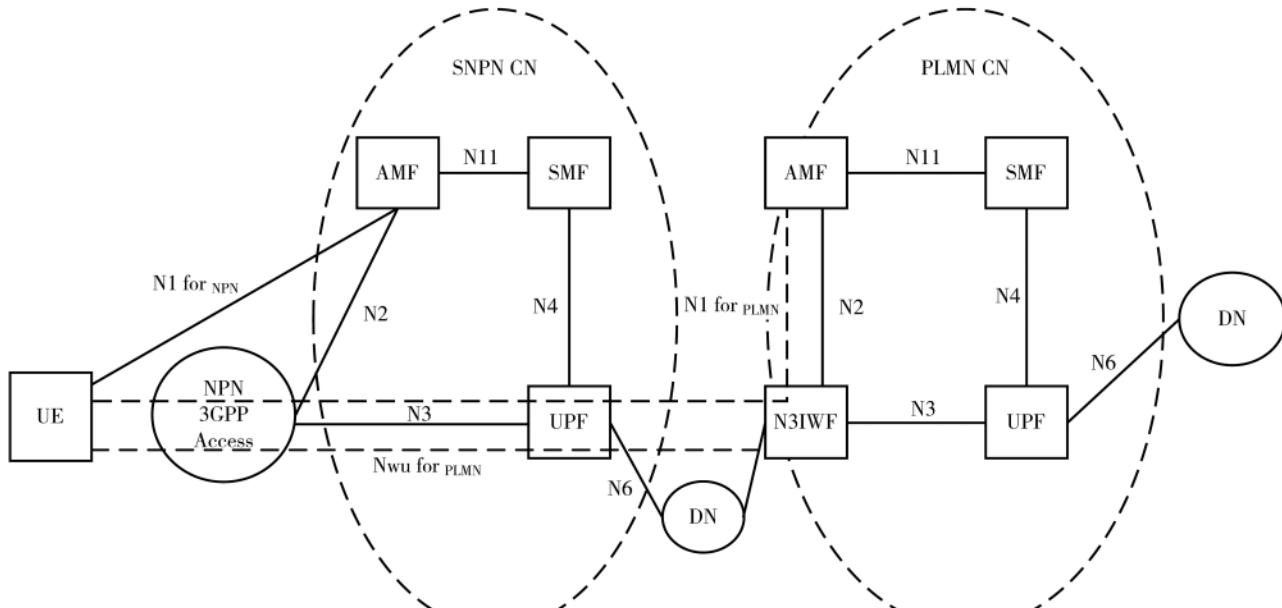


图 3 通过 SNPN 网络接入 PLMN

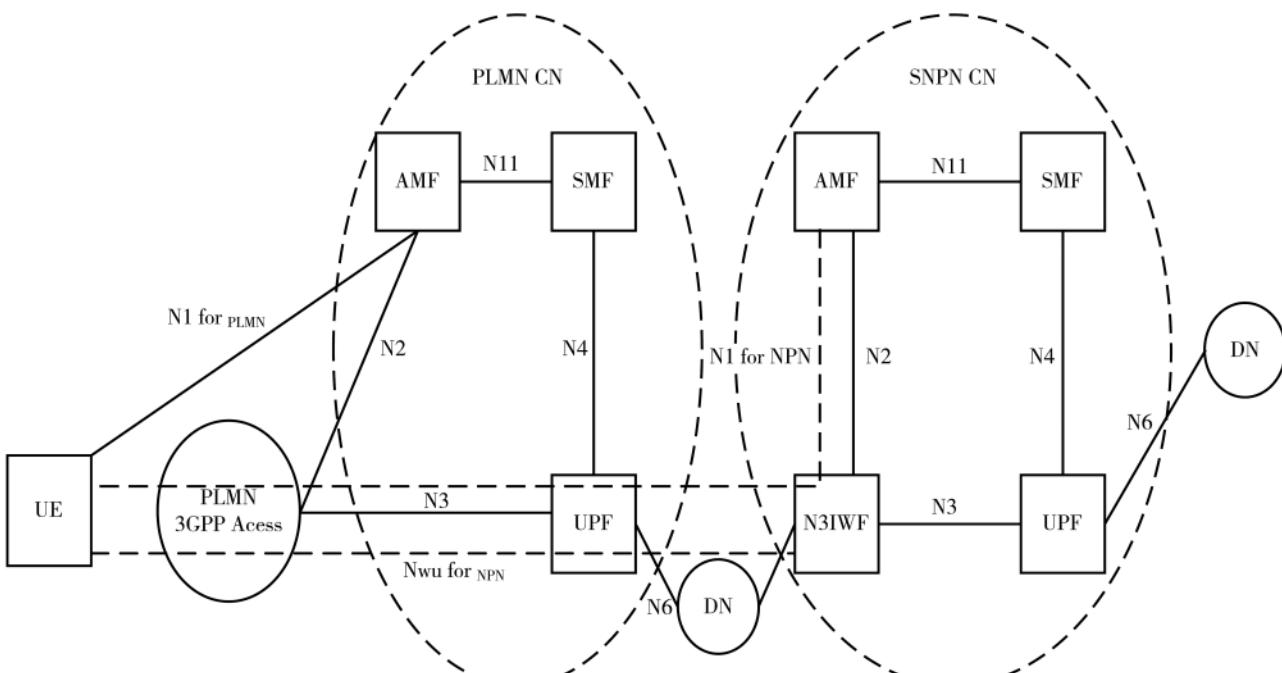


图 4 通过 PLMN 接入 SNPN 网络

上述的互通架构实现在 SNPN 或 PLMN 网络覆盖下都能同时访问专网和公网的业务，并且实现业务连续性。

6 NPN 的网络部署探讨

NPN 是满足企业需求的专用 5G 网络，可以和工业互联网进行很好的融合。不管是 SNPN 还是 PNI-NPN，都可以实现端到端的资源隔离，为垂直行业提供专属接入网络，保障垂直行业客户资源独享^[1]。它的出现使得垂直行业参与并定制的移动通信网络的组网模式成为可能。

除了上述的两种 NPN 方式之外，还可以通过切片方式来实现企业专网。网络切片作为 5G 网络的基础能力，在 R15 阶段就已经引入。可以在 PLMN 网络中用不同切片来实现不同企业专网的区隔，实现网络资源的专用。表 1 对 3 种技术进行了比较。

表 1 3 种技术的比较

项目	SNPN	PNI-NPN	切片专网
核心网	所有网元都需升级	AMF/UDM 需升级	无需升级
NG-RAN	升级支持 NID	升级支持 CAG	无需升级
UE	升级支持 NID 选网	升级支持 CAG 选网	无需升级
隔离能力	隔离程度最高	隔离程度较高	隔离程度一般
4G 互通	不支持	支持	支持
紧急服务	不支持	支持	支持
漫游切换	不支持 SNPN 间漫游和切换	支持	支持
标准	完善中	完善中	成熟

总体上看：切片专网部署成本低，并且目前技术成熟，但是无法直接控制 UE 在无线专网的接入，需要 UE 接入后再控制。PNI-NPN 可基于运营商大网部署，成本不高，但是目前还在逐步完善之中，需要对现网 5G 网络进行升级。SNPN 需要独立部署完整的 5G 网络，成本

(上接第 40 页)

联网因其拥有的高单位面积容量可以令 PMU 数据无损传输，系统可以全面掌握配电电力系统的安全稳定信息，这个过程只需要分析 PMU 时序数据即可。通过 5G 技术采集细粒度数据，电力系统可以对电力用户行为、用电大数据进行建模分析，为用户提供可视化的服务。

4 结论

网络切片已成为使能垂直行业数字化转型的关键能力和焦点，一方面产业仍面临终端支持差、多厂家互通能力弱等问题；另一方面面临垂直行业预期过高，能否达到外界期望存在很大挑战。SLA 作为切片服务提供商和切片用户之间的业务保障协议，将在 5G 行业应用拓展和商业化中发挥关键作用。

为解决以上问题，应积极推动 3GPP、CCSA 等在 5G 端到端切片服务等级保障等现阶段关注点上达成共识，制定无线和终端实现方案；后续在产业推进方面，应争取尽快获得行业认可并达成共识。

最高，未来可能是企业/行业独立建网的选择。

当前 5G 网络主要由运营商来部署，从运营商现实角度看，当面临为客户提供 5G 专网服务时可优先考虑选择切片专网，例如：可以通过独立的切片、独立的频谱、独立的局部无线网络来适配客户的需求。其次可以考虑 PNI-NPN，通过 CAG 方式结合网络切片来实现对 UE 接入专网的控制。

7 结论

NPN 作为 5G 新的研究方向之一，可以按需部署，满足不同行业的专网需求，未来会广泛应用于各个垂直场景中。在实际的部署中，需要根据网络和终端能力、产业发展情况、网络成本等因素综合来考虑企业专网的技术选择。

参考文献

- [1] 孙悦,龙彪,王庆扬.非公用网络在工业互联网中的部署方案探讨[J].移动通信,2020,44(1):33-37.
- [2] 蒋峰,刘胜楠,田树一,等.5G 非公共网络技术分析[J].移动通信,2020,14(4):42-46.
- [3] 3GPP TS 23.502.V16.5.0.Procedures for the 5G system; stage 2 (release 16)[S].3GPP.2020.
- [4] 3GPP TS 23.501 V16.5.0.System architecture for the 5G system; stage 2 (release 16)[S].3GPP.2020.

(收稿日期：2020-10-10)

作者简介：

聂衡(1976-)，男，硕士，高级工程师，主要研究方向：移动通信网络架构与技术及其标准化、网络发展规划。

邢燕霞(1972-)，女，硕士，高级工程师，主要研究方向：移动通信网络架构与关键技术、网络运营与管理。

参考文献

- [1] YD/T 3615—2019.5G 移动通信网核心网总体技术要求[S].2019.
- [2] 3GPP TS 23.501V16.2.0.Technical specification group services and system aspects; specification on system architecture for the 5g system(5GS)(Rel16)[S].3GPP. 2019.
- [3] 3GPP TS 23.502V16.2.0.Technical specification group services and system aspects; specification on procedures for the 5G system(5GS)(Rel16)[S].3GPP.2019.
- [4] 3GPP TR 23.740V0.5.0.Technical specification group services and system aspects; study on enhancement of network slicing(Rel16)[S].3GPP.2018.
- [5] 夏旭,朱雪田,邢燕霞,等.网络切片让 5G 多场景应用成为可能[J].通信世界,2017(27):48-49.

(收稿日期：2020-10-14)

作者简介：

夏旭(1980-)，男，硕士，主要研究方向：移动通信网络技术、标准和行业方案。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所