

5G 共建共享 网络下的无线切片技术研究

Research on Wireless Slicing Technology for 5G Co-construction and Sharing Network


李 一,田元兵,龙青良,郑雨婷,朱小萌,程新洲 (中国联通研究院,北京 100048)

Li Yi, Tian Yuanbing, Long Qingliang, Zheng Yuting, Zhu Xiaomeng, Cheng Xinzhou (China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

摘 要:

为满足千行百业的多种业务场景服务和消费者应用体验的差异化需求,5G 引入了网络切片技术。针对无线切片的3种技术:QoS调度、资源预留和载波隔离进行了深入研究,详细介绍了不同技术的实现原理。根据产业链成熟度,分3个阶段制定无线切片的部署策略。并基于3个阶段,制定共建共享网络下不同的无线部署建议,在保障用户差异化感知的基础上实现中国电信和中国联通资源对等公平。

关键词:

切片;QoS调度;资源预留;载波隔离;共建共享
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.11.004
文章编号:1007-3043(2021)11-0016-07
中图分类号:TN915
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

In order to meet the differentiated needs of various business scenarios and services in thousands of industries, and to meet the differentiation of consumer application experience, the network slicing technology is introduced to 5G. It conducts in-depth research on three technologies of wireless slicing: QoS scheduling, resource reservation, and carrier isolation, and introduces the implementation principles of different technologies in detail. According to the maturity of the industry chain, the deployment strategy for wireless slicing is formulated in three stages. Based on the three stages, different wireless deployment recommendations under the co-construction and sharing network are formulated to realize the resources equality and fairness of China Telecom and China Unicom on the basis of ensuring the differentiated perception of users.

Keywords:

Slicing; QoS scheduling; Resource reservation; Carrier isolation; Co-construction and sharing network

引用格式:李一,田元兵,龙青良,郑雨婷,等. 5G 共建共享网络下的无线切片技术研究[J]. 邮电设计技术,2021(11): 16-22.

0 前言

移动通信发展到 5G 时代,将通过驱动未来的创新和经济增长,带来比以往任何一代移动通信技术更大的社会效益,促进新的数字服务和商业模式蓬勃发展^[1]。5G 网络面向行业用户、个人用户提供了大带宽、低时延、多连接等种类丰富的 5G 业务,不同的业务

对带宽、时延及可靠性的要求千差万别。为满足多种业务场景服务和消费者应用体验的差异化需求,5G 引入了网络切片技术^[2]。

5G 网络切片是指在同一网络基础设施上,将 5G SA (Stand-Alone Architecture) 架构的物理网络划分为多个端到端、虚拟的、隔离的(物理隔离/逻辑隔离)、按需定制的专用逻辑网络,每个虚拟网络具备不同的功能特点^[3]。网络切片为端到端的概念,运营商若要实现网络切片功能,需要对网络的每一个环节进行研究与管理。无线切片技术作为其中的重要一环,其实现方式、资源管理方式都是本文探讨的内容。

基金项目:工业和信息化部大数据产业发展试点示范项目(5G 大数据跨行业异构融合创新应用试点示范)

收稿日期:2021-09-17

1 切片基础知识

5G 中的一种或一类业务对应一个网络切片^[4]。

1.1 网络切片标识

网络切片在 5G 网络中由单个网络切片选择辅助信息 (Single Network Slice Selection Assistance Information, S-NSSAI) 标识。S-NSSAI 标识特定的网络切片, 在 PLMN 内不重复, 其由切片/业务类型 (Slice/Service type, SST) 和切片区分符号 (Slice Differentiator, SD) 组成^[5], 如图 1 所示。

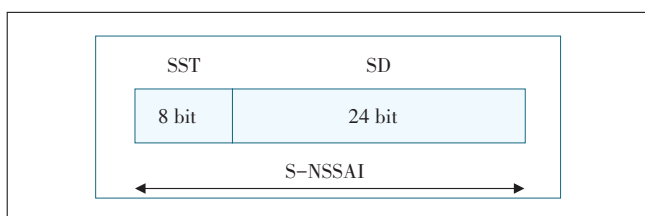


图 1 S-NSSAI 标识

a) SST 描述了切片/业务类型, 表征在特征和业务方面的预期网络切片行为, 长度为 8 bit。目前标准上定义了 4 个 SST 取值, 包括增强移动宽带 (Enhance Moblie BroadBoand, eMBB)、超可靠低时延通信 (Ultra Reliable Low Latency Communication, URLLC)、海量物联网 (Massive Internet of Things, MIoT)、车联网 (Vehicle to everything, V2X)。

b) SD 是用于区分同一个 SST 的多个网络切片, 长度为 24 bit。SD 前 2 个比特用于区分是人网还是物网, 后续 6 bit 用于分配给集团全国性业务及省份。

1.2 切片的端到端流程

一个 S-NSSAI 和一个数据网络名称 (Data Network Name, DNN) 确定唯一 UE 的一个协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU) 会话^[6]。UE 激活切片时, 策略控制功能 (Protocol Control Function, PCF) 把 UE 路由选择策略通过接入和移动性管理功能 (Access and Mobility Management Function, AMF) 发给 UE, UE 用它来关联应用 (Application, APP) ID 和 S-NSSAI。UE 创建 PDU 会话时, 根据 URSP 选择 APP 对应的 S-NSSAI, 会话管理功能 (Session Management Function, SMF) 分配对应的用户面功能 (The User Plane Function, UPF), 同时 gNB 根据配置将 S-NSSAI 映射到不同的虚拟局域网 (Virtual Local Area Network, VLAN) ID。不同的 VLAN ID 在传输网绑定不同的分片虚拟专用网络 (Virtual Private Network, VPN), 然后 VPN 绑定隧道。传输网和核心网侧的互通流程也类似, 从而实现切片的端到端互通。端到端切片流程如图 2 所示。

切片生命周期中, 核心网进行用户开户、配置切片信息并定义切片组。传输网给不同的切片组提供独立的 VLAN。无线网依据 SLA 配置切片组, 分配各种无线资源, 并映射至 VLAN 端口。

2 无线切片技术

对于无线网络来说, 不同的网络切片主要体现在网络选择、资源分配与调度和接纳控制上的差异^[7]。

2.1 AMF 选择

UE 在注册或发起业务时, 5G 基站会根据 UE 发送的 RRCSetupComplete 消息内容来选择 AMF^[8]。

第 1 步: 根据 GUTI 来选择核心网。如果 RRCSet-

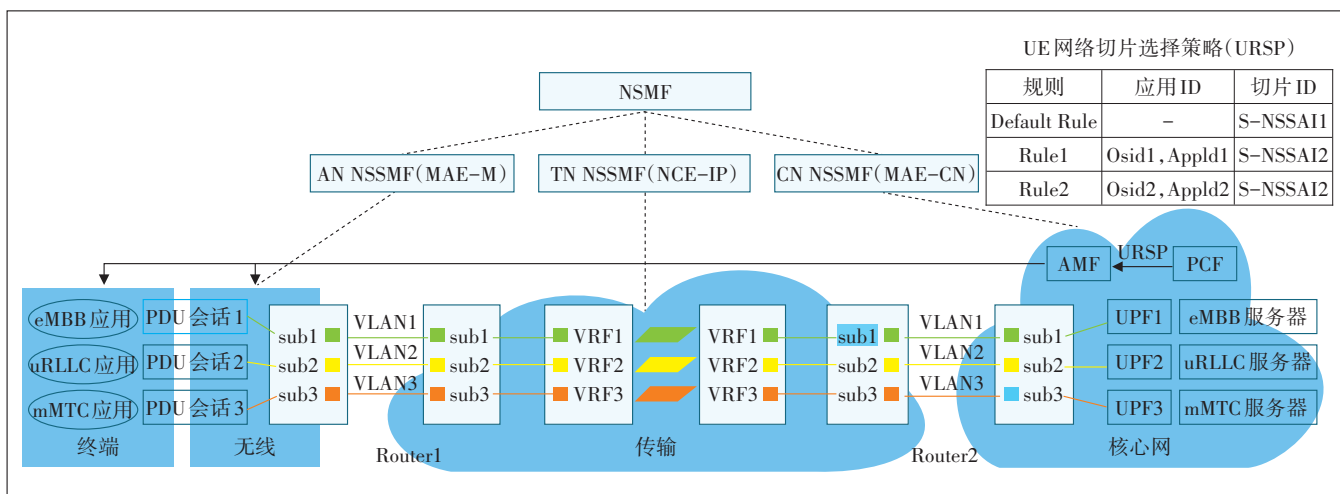


图 2 端到端切片流程

upComplete 消息里包含"RegisteredAMF" IE 或者"5G-S-TMSI" IE, 5G 基站根据上述信元提取 GUTI 来选择 AMF; 如果不包含上述信元, 5G 基站执行第 2 步。

第 2 步: 根据切片标识来选择核心网。如果"S-NSSAI List" IE 存在, 5G 基站用这个 List 去匹配每个 AMF 信息里保存的 S-NSSAI List, 选择能支持 List 里 S-NSSAI 数量最多的 AMF 作为候选 AMF; 如果"S-NSSAI List" IE 不存在, 或者没有任何一个 AMF 支持 List 里的任何一个 S-NSSAI, 5G 基站执行第 3 步。

第 3 步: 选择缺省 AMF。如果有多个缺省 AMF, 根据每个缺省 AMF 的"Relative AMF Capacity"来计算权重, 按加权平均算法选择缺省 AMF。

2.2 资源分配与调度

如图 3 所示, 5G 基站包含 3 种类型的切片机制: 服务质量 (Service of Quality, QoS) 调度、资源预留和载波隔离^[9]。QoS 调度是指该类切片共享无线侧公共资源, 调度根据 5G QoS 标识 (5G QoS Identifier, 5QI) 的优先级进行。资源预留是在小区内针对切片预留单独的资源, 用于安全要求级别较低但对业务感知保障要求高的切片。载波隔离是指基站上一个载波的软硬件资源为该切片专用, 适用于安全要求级别较高或带宽要求较大的切片。

2.2.1 QoS 调度

基于 QoS 调度时, 网络不为切片预留无线资源。但在资源受限时, 高优先级业务能够优先调度空口资源, 在资源拥塞时, 高优先级业务也可能受影响^[10]。这种机制适用于通用行业、企业宽带等对隔离和保障能力要求不高的业务。基于 QoS 的调度包括基于 5QI 的调度和基于切片 ID+5QI 的调度。通过 5QI 调度时, 不同的切片, 如果 5QI 相同, 就会映射到无线侧同一种类型的数据无线承载 (Data Radio Bearer, DRB) 上, 享有同样的调度策略。通过切片 ID+5QI 调度时, 不同的切片, 即使 5QI 相同, 也可以映射到无线侧不同种类型的 DRB 上, 享有不同的调度策略。

不同类型的 DRB, 主要通过配置不同的媒体接入控制 (Medium Access Control, MAC) 层、无线链路控制 (Radio Link Control, RLC) 层和分组数据协议 (Packet Data Convergence Protocol, PDCP) 层参数实现差异化调度。其中, 最重要的 QoS 调度参数是调度优先级和相对调度权重。

a) 调度优先级。调度优先级是影响承载调度优先顺序的重要参数^[11]。该值设置越小, 优先级越高。最高优先级的 DRB 承载数据优先分配在 MAC PDU 中, 接着是次高优先级的 DRB 承载数据。网络中, 一般将信令数据放置到最高优先级调度队列中, 数据业务的重传数据放置到次一级的调度队列中。其他保

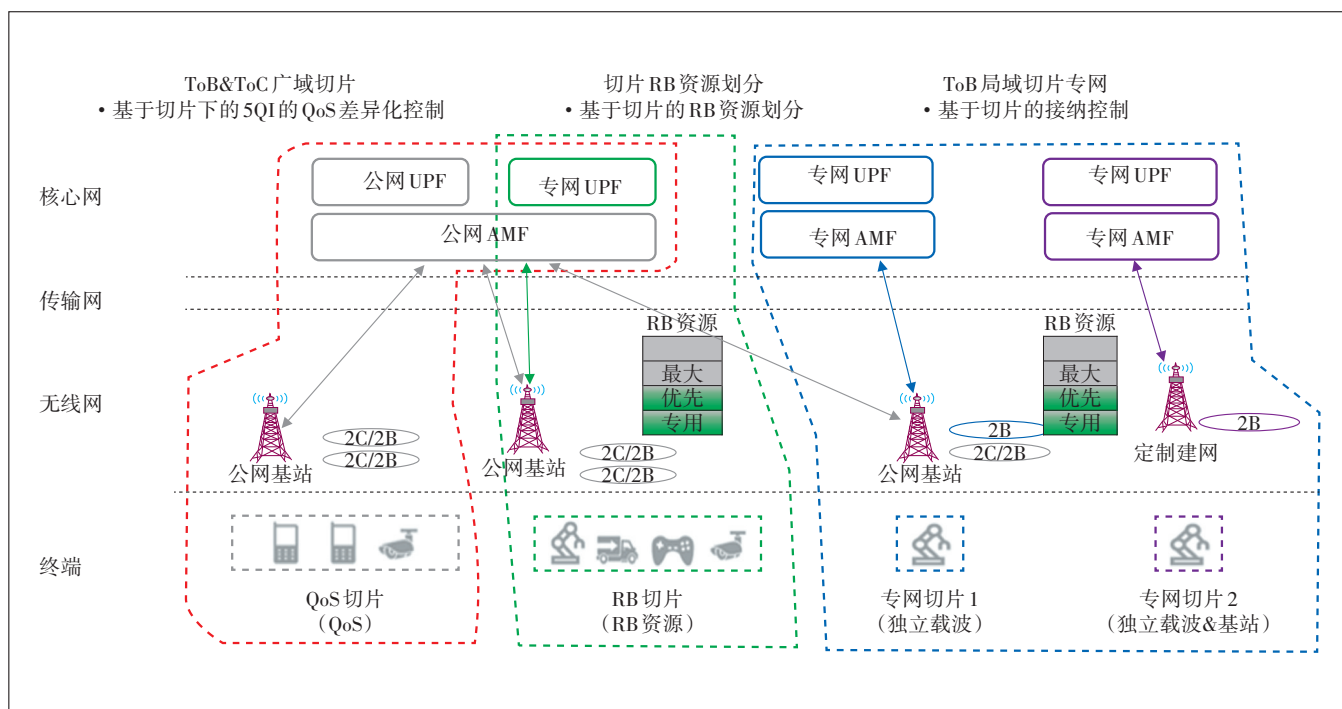


图 3 无线切片 3 种技术

证速率 (Guaranteed Bit Rate, GBR) 业务和非保证速率 (Non-GBR) 业务也按照配置的 5QI 放置到对应的调度队列中。GBR 业务的调度队列一般优先于 Non-GBR 业务。

b) 相对调度权重针对相同调度优先级的 non-GBR 承载生效。该参数直接影响同调度优先级下不同 Non-GBR 承载间的速率比例^[12]。假设 A 用户使用 5QI6 承载, B 用户使用 5QI8 承载, C 用户使用 5QI9 承载, 且 5QI6:5QI8:5QI9 的相对调度权重比例配置为 X1:X2:X3, 那么当 A、B、C 3 个用户进行相同类型的业务时, 速率比例基本也为 X1:X2:X3。

2.2.2.2 资源预留

5G 网络可以将一个切片或多个切片划分成一个切片组, 并基于切片组实现对无线资源(如 RRC 用户数、DRB 数、PRB 数)的管理, 使得无线资源在切片之间能灵活的隔离和共享, 满足无线资源的切片级保障要求。资源预留包括接纳控制和 PRB 预留 2 种方式^[13]。

2.2.2.2.1 接纳控制

接纳控制包括基于用户数的接纳控制、基于 DRB 数的接纳控制和基于 PRB 的接纳控制。

a) 基于用户数的接纳控制: 对于不同的切片组可分配不同的用户数资源, 当建立某个切片用户业务时, 如果当前该切片所在切片组的用户数未达到该切片组分配的用户数资源门限, 则允许该用户建立该切片; 否则, 不允许该用户建立该切片。

b) 基于 DRB 数的接纳控制: 对于不同的切片组可分配不同的 DRB 数资源, 当用户建立某个切片业务时, 如果当前该切片所在切片组的 DRB 数未达到该切片组分配的 DRB 数资源门限, 则允许该用户建立该切片; 否则, 不允许该用户建立该切片。

c) 基于 PRB 的接纳控制: 对于不同的切片组可分配不同的 PRB 资源, 当建立某个切片时, 如果当前该切片所在切片组的 PRB 资源未达到该切片分配的 PRB 资源门限, 则允许该用户建立该切片; 否则, 不允许建立该切片。

2.2.2.2.2 RB 预留

5G 基站可以为不同的切片组分配不同的 PRB 资源份额, 基站调度器根据分配的份额进行资源的调度, 保证一个切片组的资源紧缺不会影响另外一个切片组的业务质量, 从而达到一定的资源隔离度, 隔离效果折中, 成本也适中。网络可通过最大 RB 资源比

例、专用 RB 资源比例、最小 RB 资源比例对切片组占用资源进行预留^[14]。基于切片组的 RB 预留如图 4 所示。

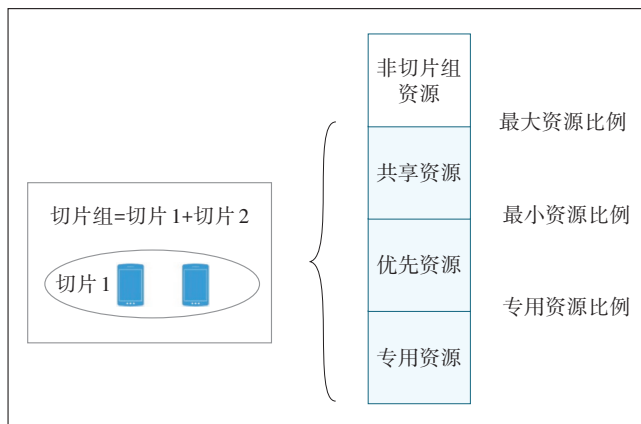


图4 基于切片组的RB预留

a) 最大 RB 资源比例: 网络为切片组分配的最大无线资源比例。即使切片组所需资源大于最大 RB 资源比例, 也不再为切片组分配额外资源。

b) 专用 RB 资源比例: 网络为切片组分配的最小资源比例。该参数配置比例范围内的 RB 资源仅供切片组内用户使用。即使切片组所需资源小于专用 RB 资源, 网络也为切片组保留专用 RB 资源, 其他切片组用户不能占用。

c) 最小 RB 资源比例: 专用 RB 资源比例与最小 RB 资源比例之间的资源为切片组优先资源。切片组内用户对优先资源有优先使用权。如果该范围内有未被该切片组用户使用的 RB 资源, 则可继续供非该切片组内的用户使用。如果切片组所需资源大于该比例, 网络仍能为切片组分配资源, 但不再优先调度。

2.2.3 载波隔离

载波隔离指不同种类用户/业务使用不同的载波小区^[15]。载波间隔离的技术方案包含基于公用陆地移动网 (Public Lands Mobile Network, PLMN) 的载波隔离、基于跟踪区域码 (Tracking Area Code, TAC)+切片的载波隔离、基于 TAC+国际移动用户识别码 (International Mobile Subscriber Identity, IMSI) 的载波隔离、基于封闭式接入组 (Closed Access Group, CAG) 的非公共网络 (Non-Public Network, NPN) 的载波隔离和基于通用接入控制 (Unified access control, UAC) 的载波隔离。载波间隔离技术需要核心网和无线侧协同配置, 实现对不同种类用户/业务的使用资源隔离。

a) 基于 PLMN 的载波隔离。用户在核心网签约

各自的 PLMN, 基站通过系统消息广播各载波支持的 PLMN, 用户只能接入签约的 PLMN, 并配合公共频率优先级实现用户基于 PLMN 的载波隔离。

b) 基于 TAC+切片的载波隔离。大网用户和专网用户使用不同的载波, 且不同载波对应的小区划分成不同的 TAC。核心网以 TAC 为粒度配置支持的切片列表, 当大网用户进入专网载波对应的 TAC 时, 核心网拒绝其接入; 当专网用户进入专网载波对应的 TAC 时, 核心网允许其接入。同时, 5G 基站针对不同类型用户配置移动性策略, 引导大网用户优先接入大网载波, 专网用户优先接入专网载波。

c) 基于 TAC+IMSI 的载波隔离。大网用户和专网用户使用不同的载波, 且不同载波对应的小区划分成不同的 TAC。核心网以 TAC 为粒度配置黑白名单 IMSI 列表, 当大网用户进入专网载波对应的 TAC, 核心网拒绝其接入; 当专网用户进入专网载波对应的 TAC, 核心网允许其接入。同时, 5G 基站针对不同类型用户配置不同的移动性策略, 引导大网用户优先接入大网载波, 专网用户优先接入专网载波。

d) 基于 NPN 的载波隔离。基于 NPN 的载波隔离主要指基于公共网络接口 (Public Network Interface, PNI) 的载波隔离 (PNI-NPN), 是 PLMN 和 CAG ID 配合使用的载波隔离方案。PNI-NPN 由一个公共网络和一个或多个非公共网络子网组成, PLMN 和 CAG ID 均在系统广播消息中下发, 广播消息同时下发 cellReservedForOtherUse 配置, 对于能够识别 CAG 的终端, 根据其自身支持的 PLMN+CAG ID 选择合适的小区接入, 对于不能识别 CAG 的老终端, 需核查 cellReservedForOtherUse 配置, 若配置为 true, 则终端可以接入小区, 否则终端不能接入小区。同时, 当连接态切换时, 终端只能向相同 PLMN+CAG ID 的小区切换成功。

e) 基于 UAC 的载波隔离。该方案仅用于接入控制, 无法进行移动性控制。uac-BarringFactor 参数用于配置 UAC 功能中的禁止接入概率因子, 如果 UE 生成的随机数小于该参数, 则允许接入, 否则禁止接入。该参数由配置 PLMN 下的 Access Identities 和 Access Categories 共同决定, 控制空闲态终端接入小区。无线侧可将每个 PLMN 下的 uac-BarringFactor 参数通过 SIB1 在小区广播。

3 无线切片部署策略

从整个产业链发展的角度来看, QoS 调度的支持

是最成熟最完善的, 终端、无线网、核心网均支持。资源预留是在 R15 中引入, 但在 R16 中正式完成方案确定, 终端虽支持资源预留, 但对于切片并发的支持度较低; 对于无线网资源预留, 有的厂家已经支持, 有的厂家到 2021 年底才会支持; 核心网已支持资源预留。载波隔离的目标方案是 PNI-NPN, 对于终端, 该方案是 R16 的可选功能, 现网支持度较低; 无线网厂家计划到 2022 年支持该方案; 核心网也暂不支持 PNI-NPN 方案。

基于产业链成熟度, 无线切片部署可分为如下几个阶段。

第 1 阶段: 无线侧针对不同切片只基于 QoS 调度实现切片的差异化感知保障。此时网络可面向 5G 普通或 VIP 公众用户、5G 普通行业用户提供无资源独占需求的普通或增值服务。

第 2 阶段: 无线针对不同切片可基于资源预留和 QoS 调度实现切片的差异化感知保障。此时除第 1 阶段的业务外, 网络还可面向 5G VIP 行业用户提供部分资源可独占的增值服务。

第 3 阶段: 无线针对不同切片可基于载波隔离、资源预留和 QoS 调度实现切片的差异化感知保障。此时除第 1 阶段和第 2 阶段的业务外, 网络还可面向 5G 行业特需用户, 提供全部资源独占的增值服务。

4 共建共享网络下的无线部署方案

中国电信、中国联通 5G 采用共建共享方式部署, 在保障不同用户/业务差异化感知的基础上, 还需考虑双方无线资源使用的公平性。下面分 3 个阶段分别介绍无线网络方案。

4.1 第 1 阶段网络方案

第 1 阶段, 无线网络只基于 5QI 进行差异化资源分配与调度, 此时中国电信、中国联通双方一方面需要统一不同 5QI 下 QoS 参数的配置规范, 另一方面还要就增值用户/业务比例达成一致。

a) Non-GBR 承载网络方案。对于 5QI6、8、9 等 Non-GBR 承载, 无线侧采用相对调度比例方式进行调度, 推荐配置比例为 4:3:2。由于 5QI6、5QI8 承载的相对调度比例高于 5QI9, 在资源占用上有一定优势。若 5QI6 和 5QI8 用户比例过高, 会影响现网 5QI9 用户感知, 严重时导致用户投诉; 若双方 5QI6、5QI8 用户比例差距较大, 会影响双方无线资源对等公平。建议中国电信、中国联通双方业务部门就 5QI6、5QI8 承载对应

的用户/业务类型以及该类型下用户/业务最高比例达成一致。

b) GBR 承载网络方案。对于 5QI3、4、71、83 等 GBR 专载,无线侧在调度时会优先调度,保证专载的保证流量比特率 (Guaranteed Flow Bit Rate, GFBR) 速率。对于 GFBR 到最大流量比特率 (Maximum Flow Bit Rate, MFBR) 部分,当前厂家也都采用比默认承载优先保障的方式。无线侧当前没有有效手段控制一个小区某些 GBR 专载占用的资源情况,所以当一个小区内专载业务聚集,会影响小区内的大网用户感知,严重时可能导致用户投诉。若中国电信、中国联通双方对于同一承载的 GFBR/MFBR 设置不统一,会导致中国电信、中国联通用户在做同一种承载业务时的感知不一致。建议中国电信、中国联通双方业务部门慎重发展此类业务,并慎重设置此类业务的 GFBR 和 MFBR,并对同一种承载配置的 GFBR/MFBR 达成一致,同时对该类业务发展的用户数限制达成一致。

4.2 第 2 阶段网络方案

第 2 阶段引入了资源预留技术,需要中国电信、中国联通双方考虑资源预留的公平性。

4.2.1 基于 PLMN 的特有业务组资源管理算法

当前资源管理都是基于切片组开展,即使小区有多个切片组,也是每个切片组分开进行资源管理。对于共建共享小区,如果只有基于切片组的资源管理而没有基于 PLMN 的资源管理,若想到共享双方运营商资源使用的公平性,则任何一方开通新切片组业务时,双方都要进行资源协商,极大地增加了业务开通的复杂性;若共享双方开通业务之前不进行资源协商,一方面无法保障共享双方运营商资源对等,另一方面只有该运营商承建区域可开通此资源,该运营商共享区域可能无法开通此资源。

本论文提出一种基于 PLMN 的特有业务组资源管理方法,即首先将小区业务分成 3 类,一类为非切片组业务,一类为中国电信特有业务组,一类为中国联通特有业务组。其中,双方的非切片组业务采用资源完全共享方式进行。运营商特有业务组可以包含该运营商下的多个切片组,同时,可以通过针对不同特有业务组设置总专用资源比例 $Dedicated_Resource_{total}$ 、总最小资源比例 $Min_Resource_{total}$ 和总最大资源比例 $Max_Resource_{total}$, 以及准入相关参数 (比如 PRB_Access_{total} 、 RRC_Access_{total} 、 DRB_Access_{total}) 进行某一运营商特有业务组的资源管理。以上参数需满足如

下要求:

$$Dedicated_Resource_{total} \geq \sum_i Dedicated_Resource_i \quad (1)$$

$$Min_Resource_{total} \geq \sum_i Min_Resource_i \quad (2)$$

$$Max_Resource_{total} \geq Max_Resource_i \quad (3)$$

$$Max_Resource_{total} \geq Min_Resource_{total} \geq Dedicated_Resource_{total} \quad (4)$$

$$PRB_Access_{total} \geq \sum_i PRB_Access_i \quad (5)$$

$$RRC_Access_{total} \geq \sum_i RRC_Access_i \quad (6)$$

$$DRB_Access_{total} \geq \sum_i DRB_Access_i \quad (7)$$

其中, $Dedicated_Resource_i$ 代表某运营商特有业务组下第 i 个切片组配置的专用资源比例, $Min_Resource_i$ 代表某运营商特有业务组下第 i 个切片组配置的最小资源比例, $Max_Resource_i$ 代表某运营商特有业务组下第 i 个切片组配置的最大资源比例, PRB_Access_i 代表某运营商特有业务组下第 i 个切片组配置的 PRB 准入, RRC_Access_i 代表某运营商特有业务组下第 i 个切片组配置的 RRC 准入, DRB_Access_i 代表某运营商特有业务组下第 i 个切片组配置的 DRB 准入。

4.2.2 网络方案

由于基于 PLMN 的特有业务组资源管理算法厂家支持度不高,因此第 2 阶段根据厂家是否支持分两小阶段制定网络方案。

当厂家不支持基于 PLMN 进行切片组的资源限制时:

a) 对于 Non-GBR 承载,同第 1 阶段 Non-GBR 承载网络方案。

b) 对于由 5QI3、4、71、83 等 GBR 专载承载的中国联通业务,以及对于资源有专用、优先需求的中国联通业务,均统一放置在中国联通切片组下;对于由 5QI3、4、71、83 等 GBR 专载承载的中国电信业务,以及对于资源有专用、优先需求的中国电信业务,均统一放置在中国电信切片组下。此时网络只有 2 个切片组,一个是中国联通切片组,一个是中国电信切片组。中国电信、中国联通双方需针对各自切片组的专用、最小、最大资源比例、PRB 准入、RRC 准入和 DRB 准入进行统一的协商。

当厂家支持基于 PLMN 进行切片组的资源限制时:

a) 对于 Non-GBR 承载,同第 1 阶段 Non-GBR 承载网络方案。

b) 对于由 5QI3、4、71、83 等 GBR 专载承载的中国联通业务,以及对于资源有专用、优先需求的中国联通业务,均统一放置在中国联通的一个切片组下或放置在中国联通不同的切片组下;对于由 5QI3、4、71、83 等 GBR 专载承载的中国电信业务,以及对于资源有专用、优先需求的中国电信业务,均统一放置在中国电信的一个切片组下或放置在中国电信不同的切片组下。此时网络可以有多个中国联通的切片组和多个中国电信的切片组。基于中国联通所有切片组占用的资源,可以配置专用、最小、最大资源比例、PRB 准入、RRC 准入和 DRB 准入,这些比例与之前采用一个中国联通切片组进行资源限制的比例一一对应;基于中国电信所有切片组占用的资源,可以配置专用、最小、最大资源比例、PRB 准入、RRC 准入和 DRB 准入,这些比例与之前采用一个中国电信切片组进行资源限制的比例一一对应。

4.3 第 3 阶段网络方案

各载波隔离技术方案优缺点对比如表 1 所示。

表 1 各载波隔离技术方案优缺点对比

方案	优点	缺点
PLMN	隔离度高	PLMN 数目少,申请困难
TAC+切片	现网实现可行性大,可以限制切片粒度的用户接入	隔离性弱,专网用户在公网小区上的第 1 次注册拒绝无法避免;仅适用于 TAC 较少场景
TAC+IMSI	现网实现可行性大,可以限制 IMSI 粒度的用户接入	
PNI-NPN	针对专网隔离性好,可以针对小区粒度隔离	终端 R16 版本才支持,且为终端可选能力;核心网、基站、终端都需要支持
UAC	可以由 UE 控制是否发起访问,避免不必要的随机接入过程	Access Identity 取值有限;只用于接入控制,无法进行移动性控制

考虑产业链成熟度,当前面向 5G 行业特需用户提供全部资源独占的增值服务时,建议采用基于 TAC+切片或基于 TAC+IMSI 的方案。当终端、无线网、核心网均支持 PNI-NPN 技术后,建议采用 PNI-NPN 方案提供载波隔离服务。

5 结束语

本文针对无线切片的 3 种技术:QoS 调度、资源预留和载波隔离进行了深入研究,详细介绍了不同技术的实现原理。根据产业链成熟度,分 3 个阶段制定无

线切片的部署策略。并基于 3 个阶段,制定共建共享网络下不同的无线部署方案,在保障用户差异化感知的基础上实现中国电信、中国联通资源对等公平。

参考文献:

- [1] 赛迪智库电子信息研究所,通信产业报全媒体. 5G 终端行业白皮书(2020)[R/OL]. [2021-10-23]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1682860525150874825&wfr=spider&for=pc>.
- [2] 伍嘉,王志会,刘凡栋,等. 5G 端到端切片实现技术探讨[J]. 邮电设计技术,2020(9):12-17.
- [3] 洪珂一,李嘉. 5G 网络应用现状与发展趋势分析[J]. 电脑知识与技术,2017,13(13):22-23.
- [4] 3GPP. 5G; Management and orchestration; 5G Network Resource Model (NRM) : 3GPP TS 28.541 [S / OL]. [2021-10-13]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [5] 3GPP. 5G; System architecture for the 5G System: 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2021-10-13]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [6] 方琰崑,陈亚权,李立平,等. 5G 网络切片解决方案和关键技术[J]. 邮电设计技术,2020(3):70-74.
- [7] 李一,许国平,刘光海,等. 5G NSA 网络评价指标体系研究[J]. 邮电设计技术,2020(8):38-43.
- [8] 朱雪田,夏旭,齐飞. 5G 网络关键技术和业务[J]. 电子技术应用,2018,44(9):1-4,8.
- [9] 刘珊,韩潇,黄蓉. 面向 5G 的无线侧网络切片发展与研究[J]. 邮电设计技术,2020(1):45-49.
- [10] 汤建东,肖清华. 5G 容量能力分析[J]. 邮电设计技术,2020(3):50-53.
- [11] 李晴. 5G 多用户超密集网络有效容量分析及资源优化研究[D]. 北京:北京邮电大学,2020.
- [12] 李一,刘光海,李菲,等. 5G NSA 网络端到端差异化 QoS 策略研究[J]. 邮电设计技术,2020(3):75-79.
- [13] 彭登,姚光韬. 5G 网络切片技术研究及应用[J]. 信息技术与信息化,2021(1):202-205.
- [14] 符传波. 未来 5G 网络切片技术应用的探究[J]. 电子世界,2021(10):5-6.
- [15] 田涛. 5G 网络切片技术的管理与 5G 组网应用分析[J]. 中国新通信,2021,23(8):31-32.
- [16] 周倩文. 基于机器学习的定制化网络切片技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2020.

作者简介:

李一,毕业于北京邮电大学,工程师,硕士,主要从事网络智能运营研究工作;田元兵,毕业于西安电子科技大学,高级工程师,主要从事移动网规建维优相关技术研究工作;龙青良,毕业于西安电子科技大学,高级工程师,硕士,主要从事 5G 共建共享工作;郑雨婷,毕业于马里兰大学帕克分校,工程师,硕士,主要从事网络智能运营研究工作;朱小萌,毕业于北京科技大学,工程师,硕士,主要从事网络智能运营研究工作;程新洲,毕业于北京邮电大学,教授级高级工程师,部门总监,硕士,主要从事网络智能运营研究工作。