



基于 5G 网络的 VoWi-Fi 互操作研究

许浩, 吴琳

(中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200085)

摘 要: 通过参考 VoWi-Fi 在 4G 下的业务组网架构和互操作方案, 对 VoWi-Fi 在 5G 下的业务组网架构和互操作方案进行研究和差异性分析。在网络和终端产业链尚不支持独立组网 (SA) 和 Wi-Fi 互操作的现状下, 提出了过渡期的互操作变通方案, 并给出了终端和网络侧的配置建议, 实现基于 5G 网络的 VoWi-Fi 与 VoLTE 互操作, 确保用户无感知。通过实际测试验证了该方案的可行性, 为 VoWi-Fi 的实际部署提供了参考。

关键词: 5G; VoWi-Fi; VoNR; VoLTE; 切换

中图分类号: TN929.5, TN92

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023113

Research on VoWi-Fi interoperability based on 5G network

XU Hao, WU Lin

Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200085, China

Abstract: By referring to the service network architecture and interoperation scheme of VoWi-Fi under 4G, the differences of the service network architecture and interoperation scheme of VoWi-Fi under 5G were studied and analyzed. Under the current situation that the network and terminal industry chain didn't support the interoperability between standalone (SA) and Wi-Fi, a workaround scheme for interoperation in the transitional period was proposed, and the terminal and network side configuration suggestions were given to realize the interoperation between VoWi-Fi and VoLTE based on 5G network to ensure that users were unaware. The feasibility of this scheme was verified by practical tests. It provides reference for the actual deployment of VoWi-Fi.

Key words: 5G, VoWi-Fi, VoNR, VoLTE, handover

0 引言

在居民区、边远农村等容易出现移动网弱覆盖情况, 可以通过 Wi-Fi 补充覆盖。这种方式投资低且实施简单。对于用户强感知的语音业务, 基于 Wi-Fi 的语音业务 (voice over Wi-Fi, VoWi-Fi) 可在信号弱覆盖场景下作为长期演进语

音承载 (voice over long term evolution, VoLTE) 的良好补充。现阶段基于 4G 网络的 VoWi-Fi 与 VoLTE 互操作技术方案已经成熟, 5G 网络新增 VoNR 语音解决方案。为保证 5G 用户在室内移动网覆盖较差场景下也能获得良好的语音业务体验, 有必要实现基于 5G 网络的 VoNR 与 VoWi-Fi 的互操作。也就是说, 终端需要实现 5G 独立组网

(standalone, SA) 和 Wi-Fi 的互操作。

本文基于 4G VoWi-Fi 业务的组网架构、互操作流程、终端切换策略, 重点研究 5G 网络下 VoWi-Fi 在这些方面的差异点。并结合现阶段产业链支持情况, 就现网和终端如何实现 5G SA 和 Wi-Fi 互操作, 进行了方案探索和试点验证, 以探索可行的解决方案。

1 VoWi-Fi 网络技术方案

在 4G 网络 VoWi-Fi 业务组网架构和互操作流程的基础上, 研究了引入 5G 新网元、接口和协议后的 VoWi-Fi 业务组网架构, 提出了 5G 网络下新空口承载语音 (voice over new radio, VoNR) 与 VoWi-Fi 互操作变化点以及对各网络设备的升级要求。

1.1 VoWi-Fi 业务组网架构演进

1.1.1 基于 4G 的 VoWi-Fi 业务组网架构

VoWi-Fi 在 4G 下的组网架构, 是在网络中增加演进分组数据网关 (evolved packet data gateway, ePDG) 网元作为非受信 Wi-Fi 接入演进分组核心 (evolved packet core, EPC) 的网元。ePDG 设备涉及 3 个接口, 即 ePDG 与用户设备 (user

equipment, UE) 间的 SWu 接口、与分组数据网关 (packet gateway, PGW) 间的 S2b 接口、与 3GPP AAA (authentication, authorization and accounting) 服务器间的 SWm 接口^[1]。

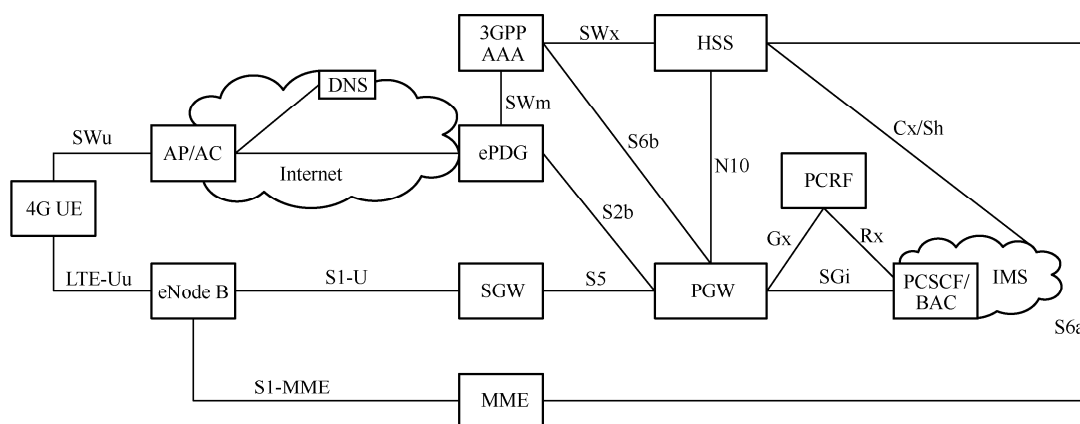
无论终端通过 Wi-Fi 接入还是长期演进 (long term evolution, LTE) 网络接入, 其通过 IP 多媒体子系统 (IP multimedia subsystem, IMS) 网络获取音/视频业务时采用的 IP 地址均通过 PGW 统一分配, 以 PGW 为锚点使得终端在 Wi-Fi 与 LTE 间切换时可以保持语音业务连续性。VoWi-Fi 在 4G 下的业务组网架构如图 1 所示。

1.1.2 基于 5G 的 VoWi-Fi 业务组网架构

5G 网络相比 4G 网络新增了部分网元, 上文基于 4G 网络的 VoWi-Fi 业务组网架构并不适用于 5G 用户, 且网络新增了演进分组系统回落 (evolution packet system falls back, EPS Fallback) 和 VoNR 两种语音解决方案。

根据 3GPP Release 16 (Rel-16), VoWi-Fi 在 5G 下的技术方案有两种, 一种是延用 ePDG, 另一种是引入非 3GPP 互通功能 (non-3GPP interworking function, N3IWF), 两种 VoWi-Fi 技术方案对比见表 1。

根据表 1 的分析, 在 4G VoWi-Fi 组网架构向



注: 无线接入点 (access point, AP);
无线接入控制器 (access controller, AC);
策略和计费规则单元 (policy and charging rules function, PCRF);
服务网关 (serving gateway, SGW);
归属用户服务器 (home subscriber server, HSS)

图 1 VoWi-Fi 在 4G 下的业务组网架构

流程（流程同 VoWi-Fi 初始接入），完成数据通道切换，后续语音业务在 Wi-Fi 下正常进行，LTE 侧删除承载。VoLTE 切换到 VoWi-Fi 的流程如图 3 所示。

若用户在空闲状态下发生网络切换，则只需完成目标网络中默认承载的建立。

上述流程的关键网元是 UE、ePDG 和 PGW，UE 需支持根据信号情况及时执行切换；ePDG 网元需支持在切换时选择原 PGW；PGW 网元需支持通过 ePDG 下发同样的 UE IP 地址、呼叫会话控制代理功能/边缘接入控制器（proxy-call session

control function/ border access controller，P-CSCF/BAC）地址等信息。

1.2.2 VoNR 切换到 VoWi-Fi

5G 网络引入 VoNR 语音方案后，在 NR 和 LTE 信号都较弱的家庭环境中，终端探测到可用的 Wi-Fi 信号，应主动执行向 Wi-Fi 的切换流程，VoNR 切换到 VoWi-Fi 的流程如图 4 所示，与上述 VoLTE 切换到 VoWi-Fi 的流程基本相同，区别如下。

（1）HSS 由融合 HSS+UDM 代替，图 4 的步骤（4）中，融合 HSS+UDM 返回（或经由传统

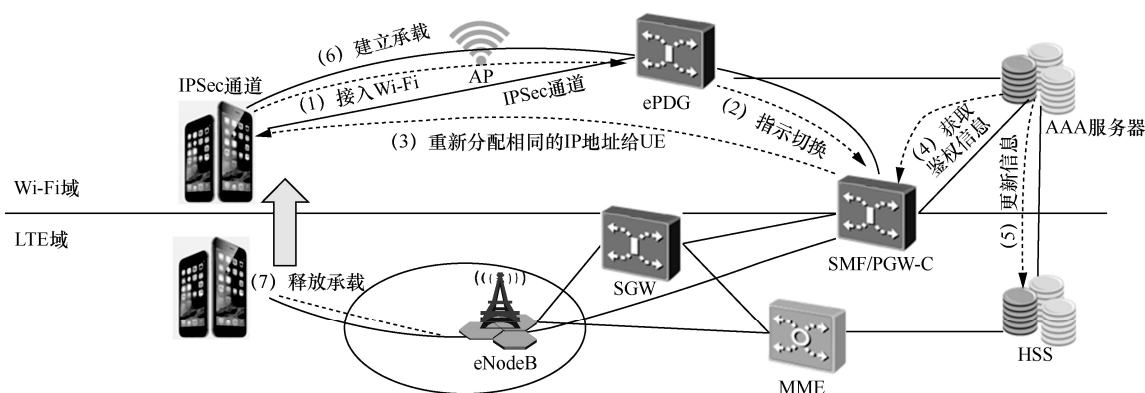


图 3 VoLTE 切换到 VoWi-Fi 的流程

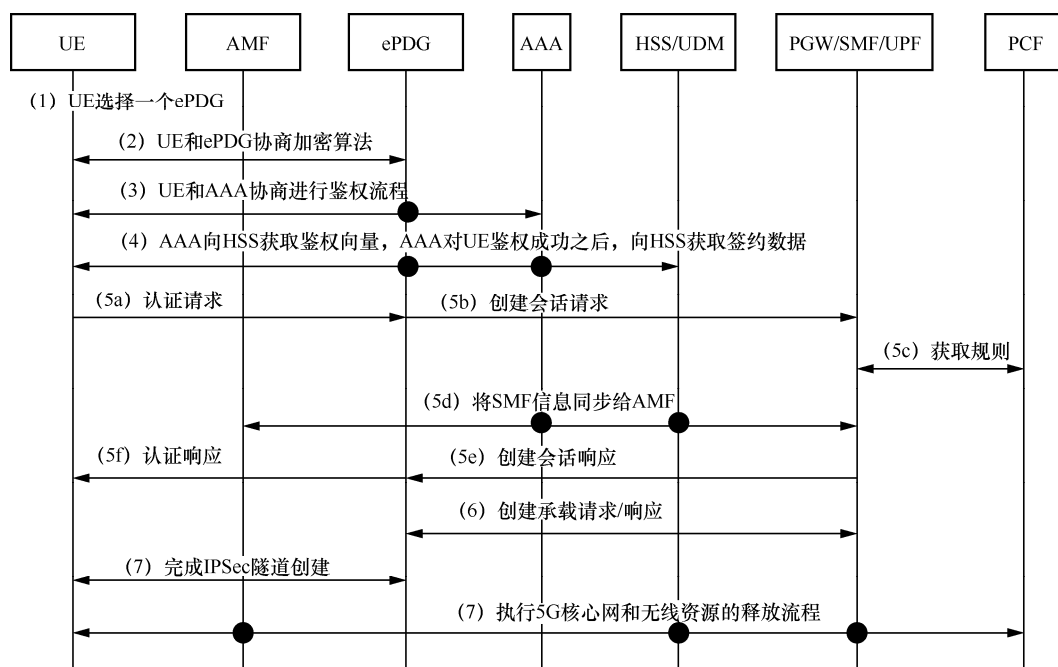


图 4 VoNR 切换到 VoWi-Fi 的流程



HSS 返回) 的用户签约信息里包含 Interworking-5GS- indicator (5G 用户标志) 参数。

(2) PGW 由融合 SMF+PGW-C 代替。

(3) PCRF 由 PCF 代替。

VoNR 切换到 VoWi-Fi 对部分网元也有新的功能要求, 具体如下。

(1) 对于 ePDG, 需要支持根据切换前的融合 SMF+PGW-C 地址选择融合 SMF+PGW-C 地址。

(2) 对于融合 HSS/UDM, 需要支持向 3GPP AAA 传递融合 SMF+PGW-C 地址信息, 以保证 5G 接入和 Wi-Fi 接入切换时的 IP 地址连续性。

(3) 对于融合 SMF+PGW-C, 需要支持 S2b-C 接口, 通过 ePDG 下发同样的 UE IP 地址、P-CSCF/BAC 地址等信息。

(4) 对于融合 UPF+PGW-U, 需要支持 S2b-U 接口, 用于建立默认承载和专用承载进行用户数据流的传送。

1.2.3 业务实现

现阶段网络已经同时存在 VoNR 和 VoLTE, 用户在 VoNR 通话过程中, 若 NR 信号变差, 基站会引导终端下切换到 LTE 网络进行 VoLTE 通话。

如果新增 VoWi-Fi 业务, 则用户在 VoNR 通话时可能会向 VoLTE 切换(由网络决定)或者向 VoWi-Fi 切换(由终端决定)。因此, 5G 用户蜂窝起呼后切换到 VoWi-Fi 有多种可能性。

(1) 在终端和网络都支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的情况下, VoNR 可以直接切换到 VoWi-Fi。

(2) 在终端不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的情况下, 5G 用户 VoNR 通话可以先切换到 VoLTE 再切换到 VoWi-Fi。

(3) 在网络不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的情况下, 5G 用户在 VoNR 通话中也可以先切换到 VoLTE 再切换到 VoWi-Fi。

综上所述, 在终端或网络不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作功能的场景下, 5G 用户可以将 VoLTE 作为过渡, 间接实现 VoNR 和 VoWi-Fi 的无感知切换。

1.3 VoWi-Fi 切换到 VoLTE/VoNR

1.3.1 VoWi-Fi 切换到 VoLTE

在 4G VoWi-Fi 业务组网架构下, VoWi-Fi 切换到 VoLTE 的流程如图 5 所示。

UE 发送附着请求(attach request)或者 PDN 连接请求(PDN connect request)消息到 MME, 携带切换(handover)标志位。MME 从 HSS 中获取签约数据和 IMS 接入点 APN 对应的 PGW 信息, 而后通过 SGW 向该 PGW 请求创建默认承载和专有承载, 携带 handover 标志位。PGW 将下行通道切换到 LTE 侧, 释放 Wi-Fi 侧资源, 后续语音业务在 LTE 下正常进行, 完成 VoWi-Fi 到 VoLTE 的切换流程。

若用户在空闲状态下发生网络切换, 则只需

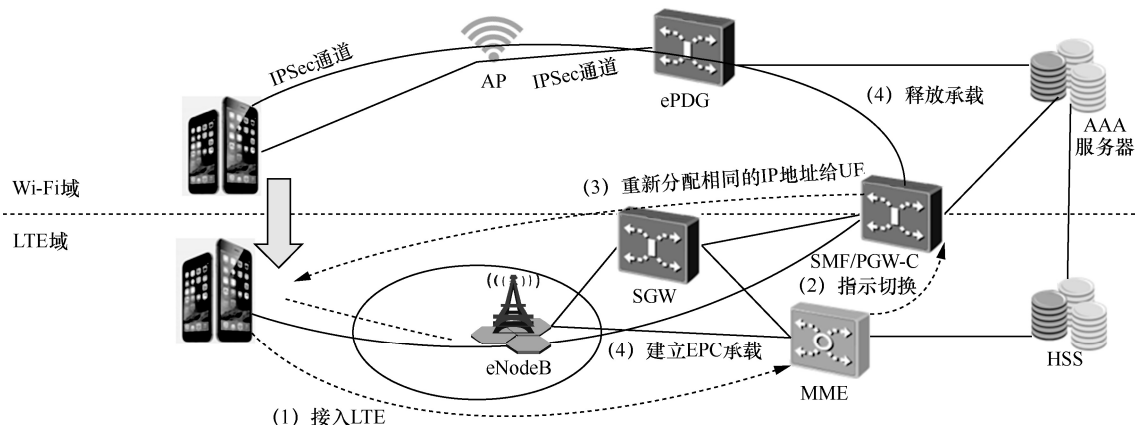


图5 VoWi-Fi 切换到 VoLTE 的流程

要完成目标网络中默认承载的建立。

1.3.2 VoWi-Fi 切换到 VoNR

VoWi-Fi 切换到 VoNR 的流程如图 6 所示，与上述 VoWi-Fi 切换到 VoLTE 的流程基本相同，UE 通过 NR 接入发起 UE 请求的 PDU 会话建立流程，包含“已存在的 PDU 会话（existing PDU session）”指示以及 PDU 会话 ID。AMF 选择与切换前相同的融合 SMF+PGW-C 接入，融合 SMF+PGW-C 识别是一个从 Wi-Fi 接入切换到 NR 接入的 PDU 会话，完成语音 PDU 会话的建立，等数据通道切换完成，后续语音业务在 NR 下正常进行，删除 Wi-Fi 侧资源^[4]。

该切换流程对 5GC 融合网元提出了以下新的要求。

(1) 要求 AMF 支持从融合 HSS+UDM 获取 APN 和融合 SMF+PGW-C 信息。

(2) 要求 AMF、融合 SMF+PGW-C、融合 UPF+SMF+PGW-U 支持 Wi-Fi 接入与 NR 接入切换操作。

1.3.3 业务实现

5G 用户 VoWi-Fi 起呼后切换到 VoNR 需要终端和网络侧同时支持，否则只能切换 VoLTE，因此会有以下几种切换可能性。

(1) 在终端和网络都支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的情况下，VoWi-Fi 可以直接切换到 VoNR。

(2) 在终端不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的情况下，VoWi-Fi 通话会直接切换到 VoLTE。

(3) 在网络不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的情况下，为了保证用户感知，建议终端关闭 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作功能，在 VoWi-Fi 通话时直接往 VoLTE 切换，保持在 VoLTE 通话，无法再切换到 VoNR，直到通话结束再驻留在 5G NR。

2 VoWi-Fi 终端切换策略和配置方式

VoWi-Fi 和蜂窝间的切换不同于蜂窝系统内的切换，由终端自主决策切换，可选蜂窝优先或者 Wi-Fi 优先策略，终端根据蜂窝网络的参考信号接收功率（reference signal receiving power, RSRP）和 Wi-Fi 网络的接收信号强度指示（reference signal strength indicator, RSSI）决定是否进行切换^[4]。部分终端会同时监控当前链路上的丢包等因素对切换策略进行优化。

根据信号强度分别将 LTE、Wi-Fi 信号分为好、可用和差 3 个区间，下面对两种切换策略进行研究分析，明确给出了 VoWi-Fi 终端配置建议。

2.1 基于 4G 网络的切换策略

若终端采用蜂窝优先策略，空闲态和语音态均优先使用蜂窝网络。终端在 4G 下的蜂窝优先切换策略如图 7 所示，当 LTE 差且 Wi-Fi 好时，执行 VoLTE 向 VoWi-Fi 的切换；当 LTE 好，或者 LTE 可用且 Wi-Fi 差时，执行 VoWi-Fi 向 VoLTE 的切换。

若终端采用 Wi-Fi 优先策略，空闲态和语音态均优先使用 Wi-Fi 网络。当 Wi-Fi 差且 LTE 好

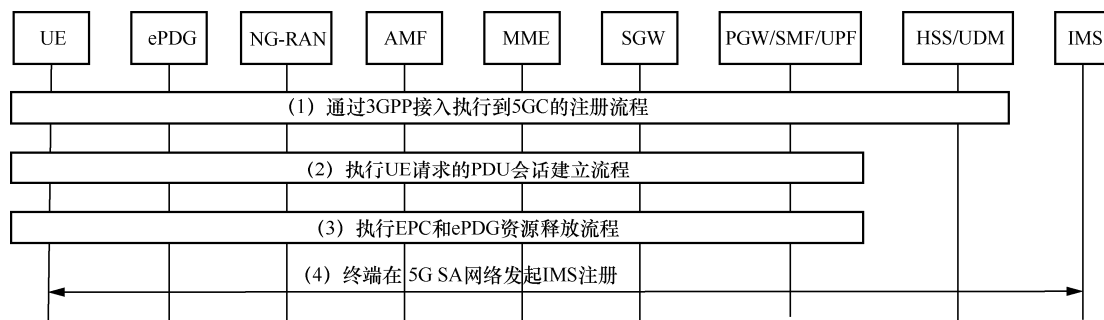


图6 VoWi-Fi 切换到 VoNR 的流程

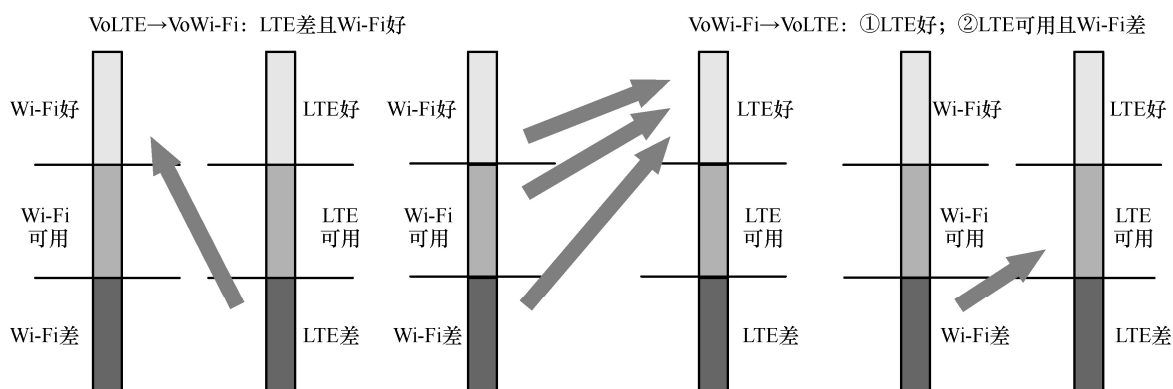


图7 终端在4G下的蜂窝优先切换策略

时, 执行 VoWi-Fi 向 VoLTE 的切换; 当 Wi-Fi 好, 或者 Wi-Fi 可用且 LTE 差时, 执行 VoLTE 向 VoWi-Fi 的切换。

2.2 基于5G网络的切换策略

5G 网络下的切换策略与 4G 网络下的切换策略类似, 但 5G 网络下的蜂窝信号新增了 NR 信号的测量, 终端在 5G 下的蜂窝优先切换策略如图 8 所示。若终端采用蜂窝优先策略, 可能驻留在 SA 网络或者 LTE 网络 (根据 4G、5G 网络优先级和信号强度等因素综合决定)。

终端驻留 SA 网络时需要根据 NR 和 Wi-Fi 的信号强度选择通过 Wi-Fi 或者 SA 进行 IMS 注册, 后续在相应的网络起呼; 终端附着 LTE 网络时则需要根据 LTE 和 Wi-Fi 的信号强度选择通过 Wi-Fi 或者 LTE 进行 IMS 注册, 后续在相应的网络起呼。

2.3 终端配置建议

VoWi-Fi 互操作主要依据蜂窝网络和 Wi-Fi 网络的信号强度, 由终端进行决策, 切换门限和

切换策略直接影响切换时延和切换时的语音质量, 从而影响用户体验^[5]。

2.3.1 业务态和空闲态的差异

下面将从业务态和空闲态两个角度, 对终端的切换策略、切换门限进行分析。

(1) 业务态和空闲态的切换策略

业务态对切换时延比较敏感, 应设置较低的切出电平值, 尽可能减少通话中的切换; 空闲态对切换时延不敏感, 切出电平值可设置得略高, 保证终端尽量待机在足够好的网络下。

(2) 业务态和空闲态的切换门限

业务态和空闲态对用户感知差异较大, 因此, 建议分开设置切换门限。空闲态的切出电平值建议比业务态设置得略高, 使得终端能及时切换, 比如抬高 3~4 dB。

2.3.2 防乒乓切换策略

为了防止乒乓切换, 对终端配置提出如下两点建议。

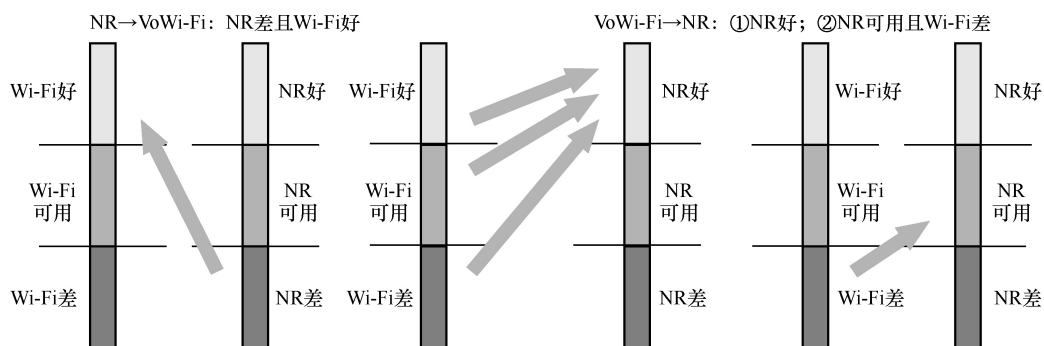


图8 终端在5G下的蜂窝优先切换策略

(1) 适当增大切入和切出的门限差距, 防止信号变化大引起的乒乓切换。

(2) 设置合适的切换定时器, 防止乒乓切换。蜂窝优先时, 推荐终端从 VoLTE/VoNR 切换到 VoWi-Fi 后启动定时器, 即使蜂窝网络立即恢复良好, 终端在定时器超时前不能切回原网络。但是, 终端从高优先级切换到低优先级网络时不应设置定时器, 避免切换掉话。

2.3.3 过渡方案的配置建议

目前处于 5G 网络建设初期, NR 覆盖范围总体不如 LTE。同时结合第 1.2.3 节的分析, 在终端或网络不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作功能的场景下, 可以让 5G 用户将 VoLTE 作为过渡间接实现 VoNR 和 VoWi-Fi 的无感知切换。

因此, 网络侧需要配合将 NR 的切换电平值设置得比 LTE 略高, 使得终端在 NR 较差时及时切换到 VoLTE, LTE 变差时再切换到 VoWi-Fi。反之, 终端 VoWi-Fi 起呼时, Wi-Fi 变差时应直接往 VoLTE 切换。

3 实际测试验证

基于前文对 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作流程的分析, 结合当前网络和终端产业链的情况, 下面对 VoNR 和 VoWi-Fi 的双向切换进行测试验证,

特别对网络尚不支持双向切换时的变通方案进行验证, 实际结果符合预期, 证明改变切换策略可实现 5G 用户的无感知切换。

3.1 VoNR 切换到 VoWi-Fi 的测试

3.1.1 VoNR 切换到 VoWi-Fi 的失败情况

(1) 业务态, 终端从 VoNR 通话执行向 VoWi-Fi 的切换时, 向 ePDG 上报 IP 和 APN, ePDG 向融合 SMF+PGW-C 发送创建会话请求, 消息中携带无线接入类型 (radio access technology type, RAT type) 和 UE IP 地址等信息, 融合 SMF+PGW-C 会在响应消息中携带 Cause:Context Not Found(64)拒绝 ePDG 的创建会话请求, 此时切换失败, 用户掉话。

(2) 空闲态 SA 切换到 Wi-Fi 的网络侧失败情况与业务态相似, 不同的是, 空闲态切换失败后用户会继续使用原网络, 对用户感知影响较小。

3.1.2 VoNR 切换到 VoWi-Fi 成功

部分设备厂商目前已支持 VoNR 切换到 VoWi-Fi, 业务态可以直接从 VoNR 切换到 VoWi-Fi, 空闲态可以直接从 SA 切换到 Wi-Fi。VoNR 切换到 VoWi-Fi 成功消息如图 9 所示, ePDG 选择切换前的融合 SMF+PGW-C 并且传送 UE IP 地址、切换前的 IMS PDU 会话 ID 等信息, 切换后可保持 IP 地址连续性, 业务不中断 (空闲态 SA

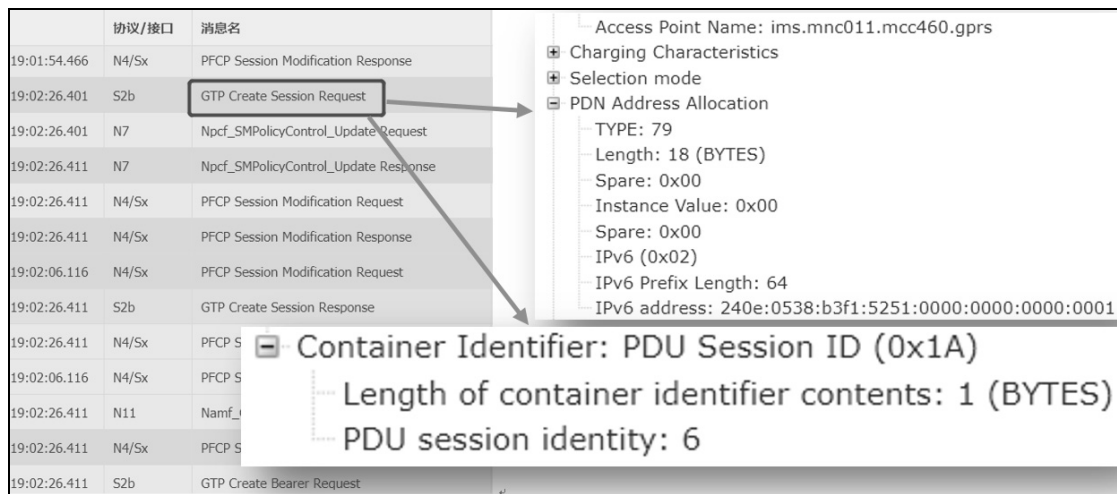


图9 VoNR 切换到 VoWi-Fi 成功消息



切换到 Wi-Fi 的流程类似, 故不赘述)。

3.1.3 VoNR 切换到 VoWi-Fi 的变通方案

业务态变通方案是通过 VoLTE 进行过渡, 即在通话中 VoNR 先切换到 VoLTE 再切换到 VoWi-Fi。该方案只需要 5G 基站设置合适的下切门限, 将 NR 下切 LTE 的电平值比终端从 VoNR 切换到 VoWi-Fi 的电平值设置得略高, 使得终端在 NR 变差后及时切换到 VoLTE, 规避业务态切换失败问题。空闲态变通方案是让终端达到由 SA 切换到 Wi-Fi 的条件后不进行切换流程, 直接在 Wi-Fi 网络重新附着, 让终端尽量待机在足够好的网络下, 该方案需要终端厂商修改终端空闲态切换策略。

(1) 业务态变通方案经实际测试验证可行, 终端 VoNR 通话中, 当 NR 变差后先切换到 VoLTE, LTE 变差后再切换到 VoWi-Fi, VoNR 先切换到 VoLTE 再切换到 VoWi-Fi 消息如图 10 所示。测试结果表明, 该方案可保持终端切换前后的业务地址连续性, 实现用户无感知的 VoNR 切 VoLTE 再切 VoWi-Fi。

(2) 空闲态变通方案经实际测试验证可行, 终端满足切换条件后可以直接在 Wi-Fi 网络发起初始附着, 不携带原来的 UE IP 地址, 重新建立 IMS PDU 会话, 由网络侧重新分配 UE IP 地址。

3.2 VoWi-Fi 切换到 VoNR 的测试

3.2.1 VoWi-Fi 切换到 VoNR 的失败情况

(1) 业务态从 VoWi-Fi 通话执行向 VoNR 的

切换时, 因 SMF/PGW-C 不支持通过 N10 接口上报自己的地址, 所以融合 HSS+UDM 不能将 Wi-Fi 接入的融合 SMF+PGW-C 地址发给 AMF, AMF 从融合 HSS+UDM 获取融合 SMF+PGW-C 地址失败, 给终端回复的 DL NAS TRANSPORT 消息中携带 Cause: Payload was not forwarded(90), 切换失败, 用户通话中断。

(2) 空闲态 Wi-Fi 切换到 SA 的网络侧失败情况与业务态相似, 不同的是, 空闲态切换失败后用户会继续使用原网络, 对用户感知影响较小。

3.2.2 VoWi-Fi 切换到 VoNR 的变通方案

业务态变通方案是让终端在 VoWi-Fi 起呼后立即关闭 SA 回落到 LTE, 达到切换条件后直接执行 VoWi-Fi 向 VoLTE 的切换, 语音通话结束后重新注册至 5G SA 网络。空闲态变通方案是让终端达到由 Wi-Fi 切换到 SA 的条件后不进行切换流程, 直接在 SA 网络重新附着, 让终端尽量待机在足够好的网络下。该方案需要终端厂商修改终端业务态及空闲态切换策略。

(1) 语音业务态变通方案经实际测试验证可行, 终端 VoWi-Fi 起呼后立即关闭 SA 回落到 LTE, 达到切换条件时直接执行向 VoLTE 的切换, 通话结束后再注册至 SA 网络, VoWi-Fi 直接切换到 VoLTE 消息如图 11 所示。测试结果表明, 该方案可保持终端切换前后的业务地址连续性, 实现用户无感知的 VoWi-Fi 切 VoLTE。

	Source	Destination	Protocol	P-Access-Network-Id	Info
14:23:38.749793	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP/SDP	3GPP-NR-TDD;utran...	Request: INVITE tel:10000;phone-context=
14:23:38.959847	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SIP		Status: 100 Trying
14:23:39.814827	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SIP/SDP		Status: 183 Session Progress
14:23:39.840729	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP	3GPP-NR-TDD;utran...	Request: PRACK sip:sgc_c@[240e:67:c000:1
14:23:40.005880	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SIP		Status: 200 OK (PRACK)
14:23:40.046445	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SIP		Status: 200 OK (INVITE)
14:23:40.066316	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP		Request: ACK sip:sgc_c@[240e:67:c000:1::
14:24:37.161451	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF01-B	XXY-MME2	GTPv2		Forward Relocation Request
14:24:37.186827	XXY-MME2	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF01-B	GTPv2		Forward Relocation Response, RRCConnecti
14:24:37.291641	XXY-MME2	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF01-B	GTPv2		Forward Relocation Complete Notification
14:24:37.296515	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF01-B	XXY-MME2	GTPv2		Forward Relocation Complete Acknowledge
14:24:39.179093	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP	IEEE-802.11n;i-wl...	Request: REGISTER sip:ims.mnc011.mcc460.
14:24:39.421065	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SIP		Status: 200 OK (REGISTER) (1 binding)
14:25:40.811641	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP	IEEE-802.11n;i-wl...	Request: BYE sip:sgc_c@[240e:67:c000:1::
14:25:40.986645	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:8:28:171c:efc1:87ef:bd28	SIP		Status: 200 OK (BYE)

图 10 VoNR 先切换到 VoLTE 再切换到 VoWi-Fi 消息

Source	Destination	Protocol	F-Access-Netwo Info
12:22:33.090644	240e:56c:30:211a:1750:c8f3:b7e9:63d9	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP/SDP IEEE-802.11n;... Request: INVITE tel:1912171850;phone-co
12:22:33.298540	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP Status: 100 Trying
12:22:33.827902	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP/NA... InitialUEMessage, Tracking area update
12:22:33.830820	HB-MME1	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF04-B	GTPv2/NA... Context Request, Tracking area update re
12:22:33.844664	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF04-B	HB-MME1	GTPv2 Context Response
12:22:33.849908	HB-MME1	7.66.74.90	S1AP/NA... DownlinkNASTransport, Security mode com
12:22:33.863378	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP/NA... UplinkNASTransport, Security mode compl
12:22:33.867023	HB-MME1	XXY-RP0011B-A-5GC-HW-AMF04...	S1AP Context Acknowledge
12:22:33.867937	HB-MME1	HB-SAE-GW-7	GTPv2 Create Session Request
12:22:33.882214	HB-SAE-GW-7	HB-MME1	GTPv2 Create Session Response
12:22:33.957881	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP InitialContextSetupRequest
12:22:33.957892	HB-MME1	7.66.74.90	S1AP DownlinkNASTransport, Tracking area upda
12:22:34.074946	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP InitialContextSetupResponse
12:22:34.094880	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP/NA... UplinkNASTransport, Tracking area updat
12:22:34.102178	HB-MME1	7.66.74.90	S1AP/NA... DownlinkNASTransport, Modify EPS bearer
12:22:34.102188	HB-MME1	7.66.74.90	S1AP UEContextModificationRequest
12:22:34.105250	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP UEContextModificationResponse
12:22:34.120199	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP/NA... UplinkNASTransport, Modify EPS bearer co
12:22:35.714305	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP/SDP Status: 183 Session Progress
12:22:35.760167	240e:56c:30:211a:1750:c8f3:b7e9:63d9	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP IEEE-802.11n;... Request: PRACK sip:sgc_c@[240e:67:c000:1
12:22:35.825307	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP Status: 200 OK (PRACK)
12:22:36.209623	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP Status: 180 Ringing
12:22:38.785725	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP Status: 200 OK (INVITE)
12:22:38.822248	240e:56c:30:211a:1750:c8f3:b7e9:63d9	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP Request: ACK sip:sgc_c@[240e:67:c000:1:
12:22:47.800022	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP UEContextReleaseRequest [RadioNetwork-co
12:22:47.802459	HB-MME1	HB-SAE-GW-7	GTPv2 Release Access Bearers Request
12:22:47.804831	HB-SAE-GW-7	HB-MME1	GTPv2 Release Access Bearers Response
12:22:47.807571	HB-MME1	7.66.74.90	S1AP UEContextReleaseCommand [RadioNetwork-co
12:22:48.462559	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP UEContextReleaseComplete
12:23:16.269157	7.66.74.90	HB-MME1	S1AP/NA... InitialUEMessage, Security mode request
12:23:16.306404	HB-MME1	7.66.74.90	S1AP/NA... DownlinkNASTransport, Authentication re
12:23:16.324350	240e:56c:30:211a:1750:c8f3:b7e9:63d9	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP Request: REGISTER sip:ims.mnc011.mcc460
12:23:16.572211	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP Status: 200 OK (REGISTER) (1 binding)
12:24:10.538090	240e:56c:30:211a:1750:c8f3:b7e9:63d9	SH-SH-HB-PSBC-21	SIP 3GPP-E-UTRAN... Request: BYE sip:sgc_c@[240e:67:c000:1:
12:24:10.619087	SH-SH-HB-PSBC-21	240e:56c:30:211a:1750:c8f3...	SIP Status: 200 OK (BYE)

图 11 VoWi-Fi 直接切换到 VoLTE 消息

(2) 空闲态变通方案经实际测试验证可行，终端达到切换条件后，可以直接在 SA 网络发起初始注册请求，不携带原来的 UE IP 地址，重新建立 IMS PDU 会话，由网络侧重新分配 UE IP 地址。

以上实际测试验证情况证明可通过多种途径实现基于 5G 网络的 VoWi-Fi 互操作，确保用户无感知，实际测试验证结果汇总见表 2，目前已有部分厂商实现 VoNR 切换到 VoWi-Fi、SA 切换到 Wi-Fi，尚未有 VoWi-Fi 切换到 VoNR、Wi-Fi 切换到 SA 的成功案例。

4 结束语

综上所述，在产业链尚不支持 VoNR 和 VoWi-Fi 互操作的现状下，本文建议暂时改变终端切换策略，使其在空闲态达到切换条件后直接向目标网络发起初始附着请求，在业务态通过 VoLTE 过渡，确保用户无感知，让 5G 用户在室内移动网覆盖较差场景下也能获得良好的语音业务体验。

但是，最终目标仍是实现 VoNR 和 VoWi-Fi 直接互操作，让 5G 用户能同时享受高质量的

表 2 实际测试验证结果汇总

业务状态	切换方向	切换结果	变通方案
业务态	VoNR→VoWi-Fi	切换掉话	VoNR→VoLTE→VoWi-Fi
空闲态	SA→Wi-Fi	切换失败，保持在原网络	在目标网络发起初始附着请求
业务态	VoWi-Fi→VoNR	切换掉话	VoWi-Fi→VoLTE
空闲态	Wi-Fi→SA	切换失败，保持在原网络	在目标网络发起初始附着请求



VoNR 和 VoWi-Fi 业务。因此,仍需要协同终端厂商和网络设备厂商一起完善终端能力及网络功能,推动产业链尽快实现 VoNR 和 VoWi-Fi 的无缝切换。未来 ePDG 功能无法满足更多的扩展功能需求时,也可逐步向 N3IWF 演进,从而更好地支持 5G 新业务发展。

参考文献:

- [1] 3GPP. Architecture enhancements for non-3GPP accesses: TS 23.402[S]. 2014.
- [2] 3GPP. System architecture for the 5G system (5GS); Stage 2: TS 23.501[S]. 2022.
- [3] 中国电信. 中国电信 5G 增强移动宽带终端技术要求: 2019 SX-048[S]. 2019.
China Telecom. China Telecom 5G enhanced mobile broadband terminal technology requirements: 2019 SX-048[S]. 2019.
- [4] 3GPP. Procedures for the 5G system (5GS): TS 23.502[S]. 2020.

- [5] 中国电信. 中国电信 VoLTE 终端技术要求: 2016 SX-014[S]. 2016.
China Telecom. China Telecom VoLTE terminal technical requirements: 2016 SX-014[S]. 2016.

[作者简介]



许浩(1981-),男,中国电信股份有限公司上海分公司高级工程师,主要从事移动网技术研究工作。



吴琳(1998-),女,中国电信股份有限公司上海分公司工程师,主要从事移动核心网维护及优化工作。