



多接入、无线、有线融合架构演进及流量调度机制

时书锋¹, 于游洋²

(1. 华为技术有限公司西安研究所, 陕西 西安 710077;

2. 华为技术有限公司上海研究所, 上海 201206)

摘 要: 3GPP 5G 网络架构在 3GPP Rel-16 版本定义了无线有线融合架构, 即固移融合网络架构, 并重点研究此融合架构下的多个价值场景。其中, 有线与无线混合接入场景备受关注, 同时 3GPP 标准定义了此场景下的多接入流量调度机制。对此进行了详细论述, 包括基本的多接入流量调度机制、增强 5G-Advanced 网络支持 UDP 业务流和以太业务流的包粒度分流机制以及新的冗余传输模式, 并扩展 4G 和 5G 互通场景以支持 3GPP 接入 5GC 和非 3GPP 接入 EPC 的混合网络流量调度。

关键词: 多接入分流; 冗余传输; 性能管理功能; 多接入 PDU 会话; 多路径 QUIC 功能

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022057

Multi-access, wireless and wired convergence architecture evolution and traffic scheduling mechanism

SHI Shufeng¹, YU Youyang²

1. Xi'an Research Center of Huawei Technologies Co., Ltd., Xi'an 710077, China

2. Shanghai Research Center of Huawei Technologies Co., Ltd., Shanghai 201206, China

Abstract: In 3GPP Rel-16, 3GPP 5G network architecture defines the wireless and wired converged architecture, that is, fixed and mobile converged network architecture, focusing on multiple valuable scenarios of this converged architecture, where the wired and wireless hybrid access scenario attracts much attention. The standard defines the multi-access traffic scheduling mechanism in this scenario. It was discussed in detail, including basic multi-access traffic scheduling mechanisms, enhanced the traffic splitting per packet mechanisms for UDP and Ethernet traffic flows for 5G-Advanced networks, and a new redundant transmission modes. In addition, 4G and 5G interworking scenarios were extended to support hybrid network traffic scheduling for 3GPP access to 5GC and non-3GPP access to EPC.

Key words: access traffic steering, redundant transmission, performance management function, multi-access PDU session, multipath extension for QUIC functionality

0 引言

3GPP (the Third Generation Partnership Project) 标准从 3GPP Rel-15 开始正式进入 5G 网络架构标准与研究阶段。5GC (5G core) 网络架构实现了控制面与用户面分离、服务化接口以及支持 3GPP 与非 3GPP 多种接入技术。尤其针对 3GPP 与非 3GPP 接入技术, 5GC 网络架构实现了统一的鉴权认证、统一的接入与会话管理以及统一的策略控制。5GC 对多种接入技术的支持可以满足人们对网络广覆盖、高质量的需求, 并在用户移动过程中实现不同接入技术之间的无缝切换, 提升了用户体验。3GPP Rel-15 版本中, 5GC 支持的非 3GPP 接入技术主要为非可信 WLAN 接入技术。随着网络的不断演进, 3GPP Rel-16 中 5GC 增强了对其他非 3GPP 接入技术的支持 (如有线接入技术), 并且增强支持了在多种接入技术可用的场景下, 实现业务流在不同接入技术间的智能选路、多种接入技术的带宽资源共享等。

有线接入技术 (如光纤接入) 是当前家庭宽带网络使用的主要接入技术。将家庭网关通过有线技术原生接入 5GC 网络, 从而实现了有线与无线融合的网络架构, 即固移融合网络架构。并且在此融合网络架构的基础上, 支持了多接入流量调度机制。上述机制不仅可以支持蜂窝与 Wi-Fi 的多接入传输, 也可以支持蜂窝与有线的多接入传输。本文主要就上述两部分内容进行论述, 即 5GC 架构增强支持有线技术原生接入 5GC, 以及在融合网络架构基础上实现多接入流量调度机制, 以提升网络可靠性与网络带宽。

1 功能描述

1.1 固网移动融合架构与价值场景

业界在很早之前就已经提出固移融合的概念, 3GPP 与 BBF (Broadband Forum) 等标准组

织也进行过相应的标准化工作。以 3GPP 为例, 在 4G 时代就有固移融合专项课题——BBAI (3GPP system-fixed broadband access network interworking), 并发布了相关的协议标准 3GPP TS 23.139。上述标准主要解决移动终端如何通过固定传输网络接入 4G 移动核心网, 实现固移网络之间的策略协同, 支持端到端的 QoS (quality of service) 保障。上述标准架构保持了固定网络与移动网络相互独立, 本质上仍然是两张网络, 并未实现固移系统级融合。直到 3GPP Rel-16, 以 5GC 网络架构为基础, 实现了真正意义上的固网和移动网络的系统级融合。图 1 是 3GPP 定义的 5G 新型家庭网关接入 5GC 的融合网络架构。其中 5G-RG (residential gateway) 是具有 5GC 接入能力的新型家庭网关, 支持 SIM (subscriber identity module) 卡与 NAS (non-access stratum) 模块, 支持有线接入技术, 同时也支持无线蜂窝接入技术; W-AGF (wireline-access gateway function) 为有线接入网关功能, 只为了支持新型家庭网关 (5G-RG) 接入 5GC 新增的网元。其中, AMF (access and mobility management function) 主要完成对无线蜂窝接入和有线接入的接入和移动性管理, SMF (session management function) 完成对 UE 从无线蜂窝接入和有线接入进行数据业务的 PDU 会话从建立、修改, 到释放的管理功能, UPF (user plane function) 是 UE (user equipment) 从无线蜂窝接入和有线接入进行数据业务的用户面处理功能。该架构实现了 5GC 和 UE/5G-RG 之间的 N1 接口、5GC 和接入网关 (W-AGF) 之间的 N2 和 N3 接口与无线蜂窝接入接口的统一。鉴权和认证架构上也统一到共用 UDM (unified data management) 和 AUSF (authentication server function) 实现对 3GPP 接入及非 3GPP 接入的统一鉴权和认证, 从而实现了 UE/5G-RG 通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入网络的注册、鉴权、认证、会话各项业务和流程的统一。

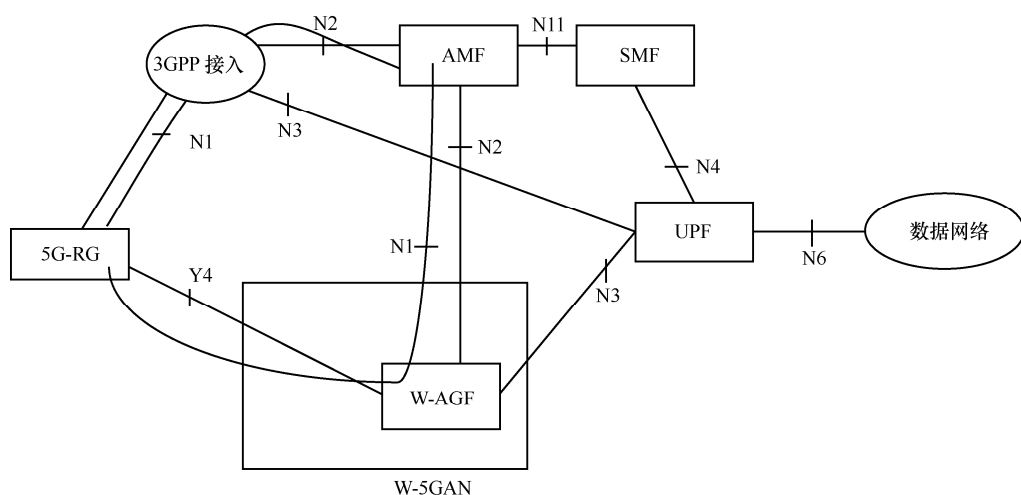


图1 5G新型家庭网关接入5GC融合网络架构

1.1.1 混合接入场景

针对新型家庭网关，固移融合网络架构支持无线蜂窝与有线同时接入的混合接入场景，以提高网络带宽、提高链路可靠性，从而提升运营商竞争力与业务拓展能力。

(1) 提高网络带宽

随着互动游戏、超高清视频、VR/AR (virtual reality/augmented reality) 等新兴业务广泛应用于家庭网络，用户对网络带宽的需求增长速度越来越快。虽然光纤与传统的 xDSL(x digital subscriber line) 技术相比，在带宽提升方面有显著提高，但光纤网络的再提速仍然需要新铺设光缆、扩容光接入设备等，投资巨大，且升级周期长。混合接入方案可以聚合无线蜂窝与有线资源，尤其在夜晚蜂窝流量明显处于低谷期间，或者对网络大带宽需求呈现脉冲式动态变化期间，利用无线蜂窝补充有线，按需进行资源调配，可以节省扩容成本，既满足大带宽业务需求，又充分利用现网资源，便于运营商快速扩展新业务。

(2) 提高网络可靠性

混合接入模式的另一优势是提高链路可靠性。无线蜂窝与有线传输可以互为备份，当一条链路发生故障或拥塞时，可以将业务流迁移到另

一条链路。业务迁移过程中，混合接入方案可以保证业务的连续性，做到用户无感知，从而提升用户业务体验。例如，有线传输路径中任一传输节点故障或拥塞都可能导致此链路故障，此时触发业务流迁移过程，可以有效避免故障链路对业务和服务质量产生的影响。

1.1.2 非直接接入场景

针对新型家庭网关或传统家庭网关，固移融合网络也支持上述家庭网关背后的末端用户设备接入，此场景称为非直接接入场景。末端设备接入过程中，家庭网关作为中继设备，通过 Wi-Fi 或有线连接末端用户设备。例如，IPTV 机顶盒通过有线与家庭网关建立连接，智能终端通过 Wi-Fi 与家庭网关建立连接，智能终端背后还可能还有其他第三方设备通过蓝牙等接入技术与智能终端建立连接。因此非直接接入场景可能存在多个层级，末端设备基于其能力差异也包含了多种类型，如支持 5GC 接入的智能手机，或不支持 5GC 接入的第三方设备等。传统核心网络侧很难对多层级末端用户设备进行识别与管理，而固移融合网络架构方案使其成为可能。

(1) 保证业务连续性

当末端用户设备为具备 5GC 接入能力的终端

设备（如智能手机）时，非直接接入方案支持业务流从室内家庭网络平滑切换到室外蜂窝网络。例如，用户在家中用手机通过家庭宽带进行某项业务，后续用户可能移动到室外，为了保持手机上正在进行的业务不受用户位置移动的影响，业务流可以无缝地从家庭宽带接入切换到无线蜂窝接入，保障业务连续性。

（2）提高精细化业务管理能力

传统家庭网络，运营商只能看到家庭网关，对家庭网关进行粗粒度的 QoS 与计费策略控制。随着用户设备类型的不断丰富、5G 多样性业务的快速发展，不同的终端类型或业务对 QoS 的需求有所不同。为了充分满足业务的差异化管理，合理分配使用网络资源以及提供丰富的计费策略，核心网络侧需要看到家庭网关背后的末端用户设备，从而提升运营商对业务的感知管控能力、大数据分析能力以及拓展新业务的能力。尤其当末端用户设备为第三方设备时，运营商建立与第三方业务平台之间的联系，可进一步扩大产业规模，催生新业务，增加产业收入。

下面将对上述两个价值场景方案分别进行论述，具体包括混合接入分流调度方案与非直接接入末端设备识别管理方案。

1.2 混合接入分流调度

3GPP 定义了 ATSSS（access traffic steering, switching, splitting）多接入分流调度特性，可以用于上述的固网移动混合接入场景，也可以用于 Wi-Fi 和蜂窝多接入场景。ATSSS 定义了多种分流功能、多种分流模式、性能测量功能等，实现用户通过一个 UE 或者一个 5G-RG 同时使用固网、Wi-Fi 和蜂窝接入进行业务数据传输，增加带宽和业务传输的可靠性，同时充分利用现有的网络，加快新业务部署和商用。

当一个终端同时通过 3GPP 蜂窝和 Wi-Fi 或者固网接入 5GC 时，如果有业务流需要传输且终端支持 ATSSS 多接入分流调度，网络侧会根据业务流特征及网络状态制定相应的策略，确定如何在两条路径上对该业务流进行传输，或者如何在传输过程中切换路径。

ATSSS 定义了两种分流功能。一种是 MPTCP（multi-path TCP protocol）功能，一种是 ATSSS-LL（ATSSS low-layer）功能。

（1）MPTCP 功能

非漫游架构下支持 ATSSS 示意图如图 2 所示，3GPP 将 MPTCP 代理功能部署在 UPF 中，和 UE 侧支持的 MPTCP 功能配合，可以实现对 TCP 业务流的分流功能，也就是一条流可以同时

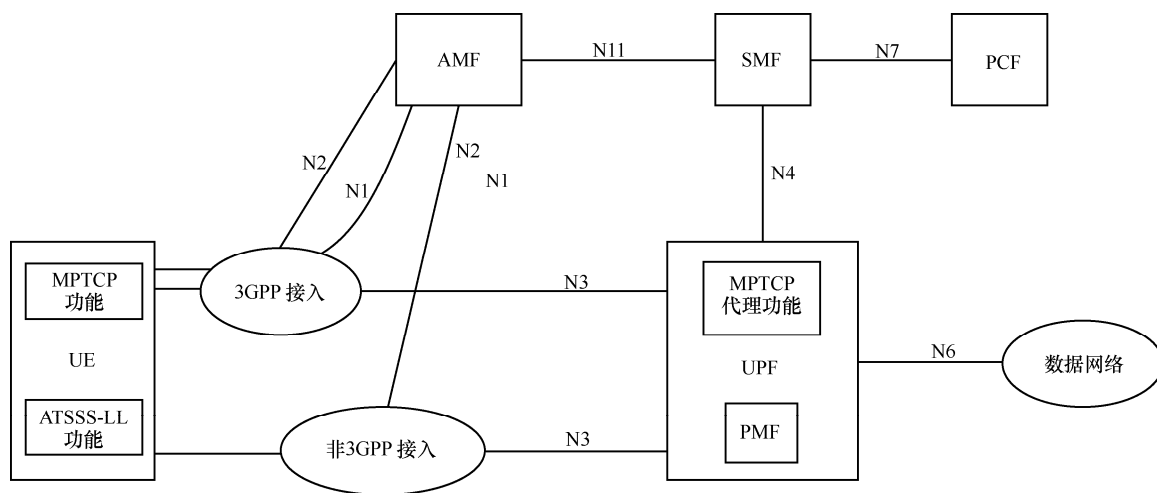


图 2 非漫游架构下支持 ATSSS 示意图



在 3GPP 接入路径和非 3GPP 接入路径上进行传输, 或实现传输过程中在两条路径间的无缝切换。

(2) ATSSS-LL 功能

ATSSS-LL 功能也是在 UE 和 UPF 中实现的, 分别支持对上行业务流和下行业务流的分流传输, 可以用于 IP、TCP、UDP 和以太网类型的业务流。ATSSS-LL 功能与 MPTCP 代理功能最大的区别是: ATSSS-LL 不支持单业务流(比如一个 IP 5-tuple 流)在 3GPP 和非 3GPP 接入路径上的同时传输, 或者说 ATSSS-LL 不支持包粒度分流。

3GPP 的 ATSSS 特性定义了 4 种分流模式: 主备模式、最小时延模式、优先级模式和负载均衡模式。

(1) 主备模式

一个业务流正常情况下是在主接入路径上传输, 当主接入路径不可用时切换到备份接入路径。

(2) 最小时延模式

一个业务流总是在时延最小的接入路径上传输。

(3) 优先级模式

一个业务流优先在一个路径上传输, 当该路径拥塞时, 业务流可以同时另外在另外一个路径上传输。

(4) 负载均衡模式

一个业务流可以按固定的比例同时在两个接

入路径上传输。

在负载均衡模式下, 又定义了自主操作方式和 UE 辅助操作方式。自主操作方式是 UE 和 UPF 以最大带宽为目的、可以自主调节两条接入路径上的业务分流比例; UE 辅助操作方式是 UE 根据功耗等内在状态自行确定上行分流比例, 同时通知 UPF, UPF 可以据此调节下行在两条接入路径上的分流比例。

为了配合以上分流功能和分流模式的执行, 在 UE 和 UPF 上定义了 PMF 功能, 可以对 UE 和 UPF 间每条接入路径上的时延和丢包进行测量。UE 和 UPF 可以据此执行相应的分流模式。同时 UE 还可以在一条接入路径不可用时通过 PMF 消息通知 UPF。上面提到的 UE 辅助操作方式下 UE 也是通过 PMF 消息将上行分流比例传递给 UPF 的。PMF 协议栈示意图如图 3 所示。

为了弥补在 5G 建网初期蜂窝覆盖不足的缺陷, 3GPP 的 ATSSS 特性定义了一个业务流同时通过无线蜂窝接入 4G EPC (evolved packet core) 网络和通过固网或者 Wi-Fi 接入 5GC 网络进行数据传输或分流。蜂窝接入 EPC 和固网/Wi-Fi 接入 5GC 分流示意图如图 4 所示, 通过 UE/5G-RG 在 EPC 和 5GC 跨网络建立多接入会话, 实现同一个业务流通过 4G EPC 网络的 3GPP 接入和 5GC 的非 3GPP 接入同时或分流传输。

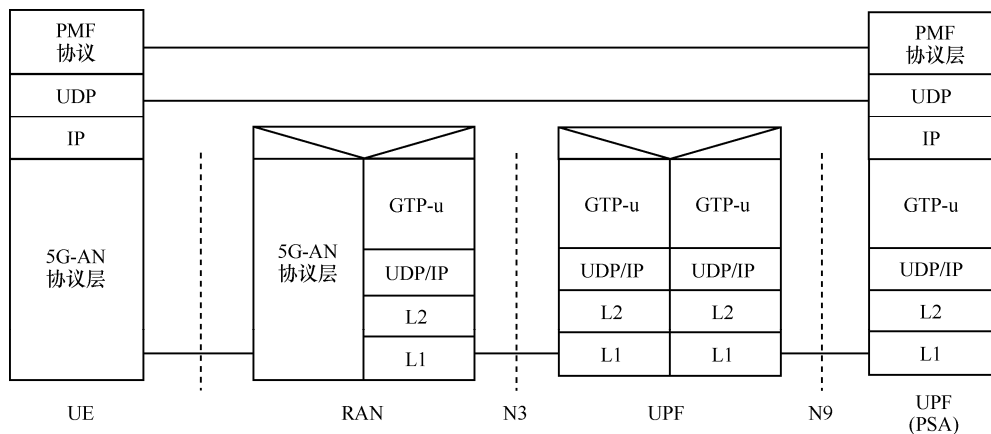
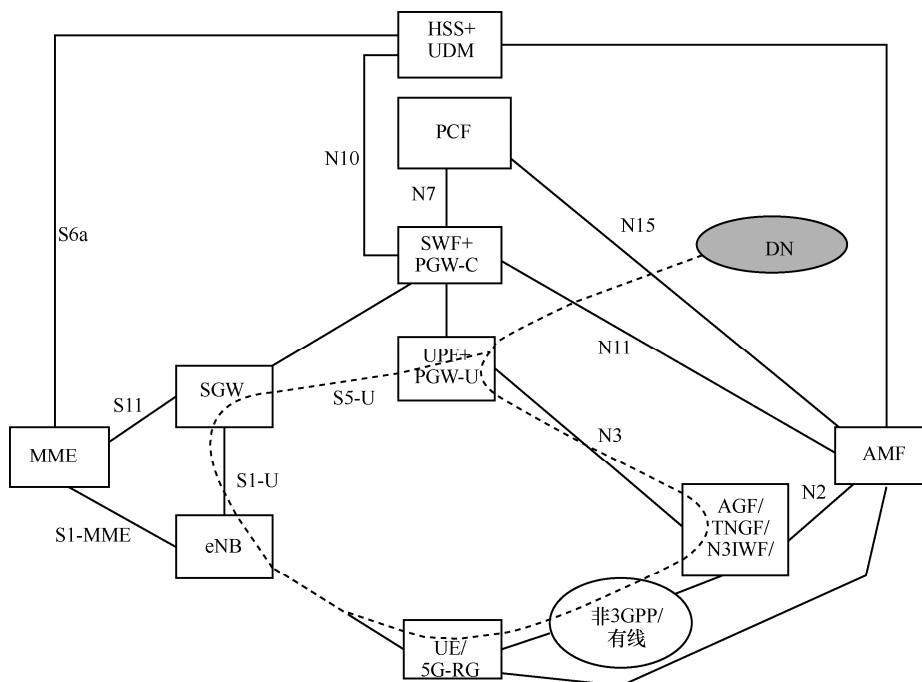


图 3 PMF 协议栈示意图



1.3 末端设备识别管理

基于 3GPP Rel-16 标准，当末端用户设备为具有 5GC 接入能力的用户设备（如智能手机）时，固移融合网络可以实现对 5GC capable UE（5GC 能力用户设备）的独立鉴权认证、独立接入与会话管理。5GC capable UE 非直接接入方案如图 5 所示。

家庭网关首先通过有线或无线注册到 5GC 网络，并建立用户面会话连接，获取 5GC 分配的终端 IP 地址。然后，5GC capable UE 通过 Wi-Fi 连接到家庭网关。当 5GC capable UE 申请 UE IP 地址时，

家庭网关将其从 5GC 获得的 IP 地址分配给 5GC capable UE 使用。5GC capable UE 使用上述 IP 地址作为 UE 的源 IP 地址发起到非 3GPP 接入网关（N3IWF（non-3GPP interworking function）或 TNGF（trusted non-3GPP gateway function））的连接。如果 5GC capable UE 选择的是非可信非 3GPP 接入网关（即 N3IWF），则上述连接需要加密。当 5GC capable UE 选择的是可信非 3GPP 接入网关（即 TNGF）时，上述连接无须加密。此方案中，5GC capable UE 与非 3GPP 接入网关之间无论是信令面

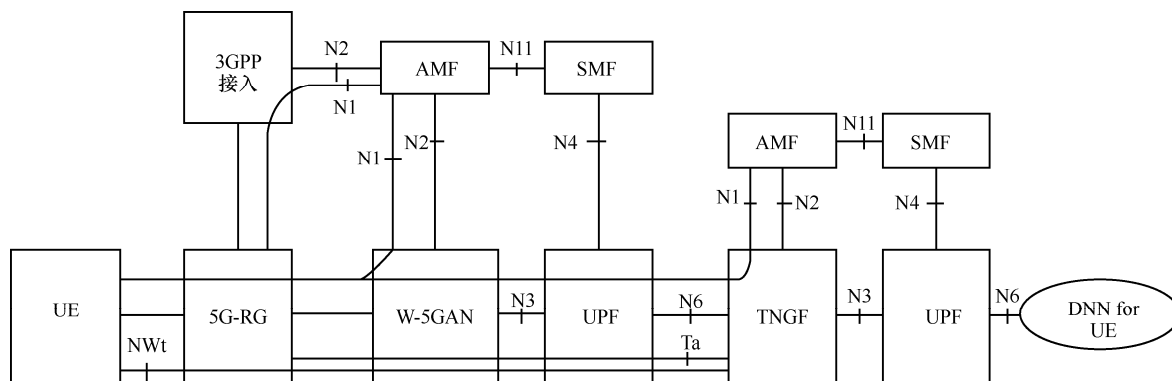


图 5 5GC capable UE 非直接接入方案



消息还是用户面消息都通过家庭网关的 PDU 会话传输, 因此是 overlay 方案。

2 5G-Advanced 功能增强

2.1 混合接入方案增强

如前所述, 当前 3GPP 标准已经支持了 ATSSS 多接入分流调度的基本特性, 定义了 MPTCP 和 ATSSS-LL 两种分流功能以及主备模式、最小时延模式、优先级模式、负载均衡模式 4 种分流模式。基于 MPTCP 功能和负载均衡模式能够为单 TCP 业务流提供在 3GPP 和非 3GPP 接入路径上的同时传输, 提升了网络带宽和业务体验。也支持通过 4G EPS 的蜂窝和 5GS 的非 3GPP 接入跨网络建立多接入会话, 弥补在 5G 建网初期蜂窝覆盖不足的问题, 但是 3GPP 定义的 ATSSS 还存在以下不完善的地方。

- 当前互联网很多需要大带宽支持、对实时性要求高的应用 (如 XR 业务), 都是基于 UDP 进行传输的。而当前 3GPP 定义的 MPTCP 功能无法支持单 UDP 业务流在 3GPP 和非 3GPP 接入路径上的同时传输, 需要定义新的机制。
- 当前定义的 4 种分流模式也不足以支持对可靠性和丢包率有很高要求的业务, 如游

戏、直播等, 需要引入新的分流模式。

- 5GS 规模部署以后, 如何充分利用 4G EPS 时已经部署的非 3GPP 接入网络为用户提供多接入和跨网络协同以提升网络带宽和增强业务体验, 也是需要考虑的。

为了解决以上这些问题, 本文建议在 5G-Advanced 网络中对现有 5G 中的 ATSSS 特性做如下增强。

(1) 在当前两种 MPTCP 分流功能和 ATSSS-LL 分流功能之外, 定义一种新的基于 MPQUIC (multipath extension for QUIC) 的分流功能, 实现对 UDP 单业务流在 3GPP 和非 3GPP 接入路径上的同时传输。

方案的核心点是: 基于 MPQUIC 支持 ATSSS 的示意图如图 6 所示, 类似于 MPTCP 分流功能, 将 MPQUIC 分流功能部署在 UPF 中, 和 UE 侧支持的 MPQUIC 功能配合, 可以实现对 UDP 业务流的分流功能, 即一条业务流可以同时 3GPP 接入路径和非 3GPP 接入路径上进行传输, 或实现传输过程中的无缝切换。

另外, IETF 制定了一种适用于多链路传输的 MPDCCP (multipath DCCP), 该协议也可以以类似于图 6 所示的 MPQUIC 的方式, 来支持在 UE 和 UPF 间实现单 UDP 业务流的分流功能。

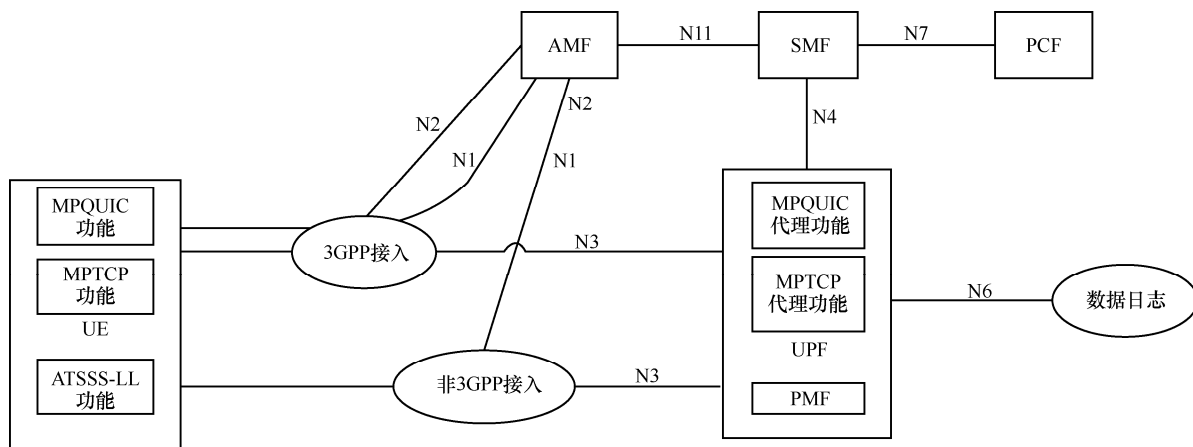


图 6 基于 MPQUIC 支持 ATSSS 的示意图

(2) 在当前的 4 种分流模式基础上, 为了提高业务流传输可靠性及实现业务流在两条路径间的无缝切换, 建议增加一种新的冗余传输模式。也就是一个业务流同时在两个接入路径上进行冗余传输。

该方案的核心点是：冗余传输模式示意图如图 7 所示，发送端对数据包进行复制，为每个数据包打上相同的序列号，同时发送到两个接入路径上，接收端从两个路径上收到具有相同序列号的数据包后进行包去重。冗余传输模式可以在数据包正常传输时就启动，提高可靠性；也可以在数据包从一条传输路径切到另一条传输路径时再启动，进行冗余传输，减少切换时延并可以防止切换过程中丢

包；也可以在网络状态达到某些设定条件时启动，比如丢包率超出了某个阈值时启动。

(3) 在当前支持通过蜂窝接入 4G EPC 网络和通过固网、Wi-Fi 接入 5GC 跨网络业务分流传输的基础上,增加通过非 3GPP 接入 4G EPC 网络和通过蜂窝接入 5GC 跨网络的业务分流传输方式,以更好地利用现有 4G EPS 网络的存量非 3GPP 接入资源。固网、Wi-Fi 接入 EPC 和蜂窝接入 5GC 分流示意图如图 8 所示,通过 UE/5G-RG 建立多接入会话,实现同一个业务流通过 4G EPC 网络的非 3GPP 接入和 5GC 的 3GPP 接入同时传输或分流传输。

方案的核心点是: UE 在 EPC 建立会话连接时需

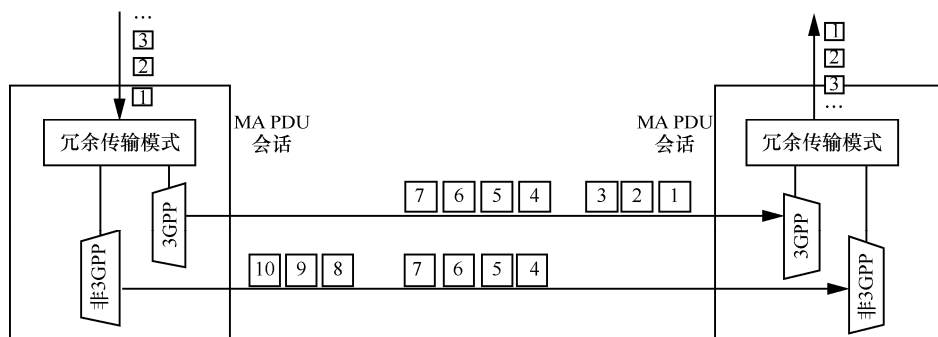


图 7 冗余传输模式示意图

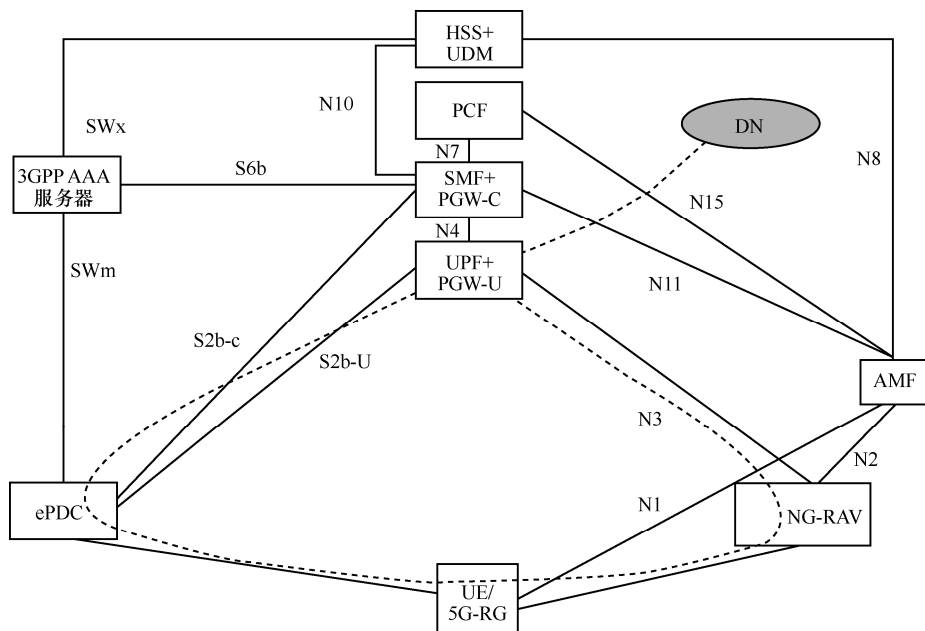


图 8 固网、Wi-Fi 接入 EPC 和蜂窝接入 5GC 分流示意图



要增强,包括以下几点。

- 核心网能够将 ATSSS 相关的分流策略通过 4G 的非 3GPP 接入网关 ePDG (evolved packet data gateway) 下发给 UE。
- UE 能够通过 ePDG 将 ATSSS 相关的信息上报给核心网,比如 UE 支持 ATSSS 的能力,是否请求 MA PDU (multi-access PDU) 会话等。
- ePDG 可以选择到 4G 和 5G 合设的会话管理网元 PGW-C(packet gateway-control)/SMF 进行后续的多接入 MA PDU 会话的处理。

2.2 末端设备识别与管理增强

3GPP Rel-16 定义了固移融合网络具备末端设备识别与管理能力。在此基础上,本文建议 5G-Advanced 网络根据末端设备角色和业务流特征,进一步增强对末端设备业务流的差异化计费与服务质量管理。具体的,末端设备角色可以区分成员用户(host user)与拜访用户(guest user)。家庭成员用户末端设备与新型家庭网关设备属于同一所有者,因此成员用户的业务流计费管理与新型家庭网关统一。例如,为其提供最高优先级的服务质量保证、以家庭为单位共有一张计费账单等。拜访用户末端设备与新型家庭网关设备属于不同所有者,因此在业务流服务质量方面可能低于成员用户的业务流。尤其在网络资源紧张的情况下,优先满足成员用户的业务体验。此外,计费方面,拜访用户的计费账单与新型家庭网关计费账单分开管理,基于独立的流量统计与计费策略。

为实现上述 5G-Advanced 新的需求挑战,本文建议增强 5GC 及新型家庭网关与接入网关 TNGF 之间的接口。具体增强步骤如下。

步骤 1 新型家庭网关将其标识信息发送给 TNGF, TNGF 通过 EAP-5G 消息转发家庭网关的标识信息给末端设备。

步骤 2 末端设备通过新型家庭网关发起到

5GC 的连接建立过程,其中携带步骤 1 中从 TNGF 收到的新型家庭网关的标识信息。

步骤 3 末端设备接入的 5GC 可以基于新型家庭网关标识信息查找新型家庭网关注册的 AMF 网元,从而获得新型家庭网关签约数据。在上述家庭网关签约数据中,扩展包含其成员用户列表信息,即 host user 列表。网络侧可以基于家庭网关的成员用户列表信息判断接入的末端设备角色,例如是成员用户,还是拜访用户。

步骤 4 末端设备接入 5GC 的 AMF 将用户角色上报给 SMF。可选的,SMF 将此信息上报给策略控制网元 PCF (policy control function)。策略控制网元或 SMF 可以基于末端设备角色、业务流特性等生成不同的服务质量参数。

步骤 5 末端设备接入的 5GC 为其建立不同业务流服务质量参数与末端设备的业务流 IP 数据包头 DSCP (differentiated services code point) 值的对应关系。

步骤 6 当上述业务流通过接入网关 (TNGF) 发送给新型家庭网关的 UPF 时,接入网关基于策略设置 IP 包头中 DSCP 值。

步骤 7 新型家庭网关的 UPF 基于 DSCP 值进行差异化的服务质量控制。当新型家庭网关与末端设备属于不同运营商时,两个运营商之间可以基于 SLA 确定 DSCP 值对应的具体服务质量参数。

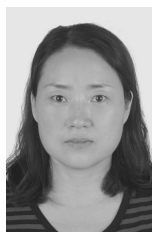
3 结束语

本文提出的在 5G-Advanced 网络中对混合接入分流调度能力以及末端设备识别管理能力的增强,不但可以进一步提升 5G 网络通过 3GPP 接入和非 3GPP 接入双通道为用户提供大带宽业务,提高可靠性,减少切换时延和丢包,也可以对末端设备进行差异化的服务质量控制,提升用户体验。同时利用现有 4G EPC 网络的存量非 3GPP 接入和新部署的 5GC 的 3GPP 接入更好地服务于用户的大带宽业务(如 VR 业务)。

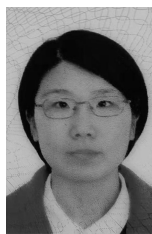
参考文献:

- [1] 3GPP. System architecture for the 5G system; stage 2: TS 23.501[S]. 2019.
- [2] 3GPP. Procedures for the 5G system; stage 2: TS 23.502[S]. 2019.
- [3] 3GPP. Policy and charging control framework for the 5G system: TS 23.503[S]. 2019.
- [4] 3GPP. Wireless and wireline convergence access support for the 5G system (5GS): TS 23.316[S]. 2020.
- [5] BBF. AGF functional requirements: TR-456 issue 1[S]. 2020.
- [6] 3GPP. 3GPP system - fixed broadband access network inter-working; stage 2: TS 23.139[S]. 2020.
- [7] IETF. QUIC: a UDP-based multiplexed and secure transport: RFC 9000[S]. 2021.
- [8] IETF. QUIC loss detection and congestion control: RFC 9002[S]. 2021.
- [9] IETF. An unreliable datagram extension to QUIC: draft-ietf-quic-datagram-08[S]. 2022.
- [10] IETF. Multipath extension for QUIC: draft-lmbdtk-quic-multipath-00[S]. 2021.
- [11] IETF. TCP extensions for multipath operation with multiple addresses: RFC 8684[S]. 2020.
- [12] IETF. 0-RTT TCP convert protocol: RFC 8803[S]. 2020.
- [13] IETF. Datagram congestion control protocol (DCCP): RFC 4340[S]. 2006.
- [14] IETF. DCCP extensions for multipath operation with multiple addresses: draft-ietf-tsvwg-multipath-dccp[S]. 2011.

[作者简介]



时书锋（1972-），女，现就职于华为技术有限公司，主要从事与 5G 网络技术相关的标准和研究工作。



于游洋（1982-），女，现就职于华为技术有限公司，主要从事与 5G 网络技术相关的标准和研究工作。