



基于 NR 的 5G 多播/广播关键技术

徐霞艳

(中国信息通信研究院, 北京 100191)

摘要: 交互式网络电视 (internet protocol television, IPTV)、群组通信等应用具有明显的多播/广播业务特征, 5G 蜂窝移动通信系统需要高效支持这类应用数据的传输。首先, 按照多播/广播业务数据从 5G 核心网经由基站到终端的不同传输方式分析了 5G 多播/广播系统的基本架构; 然后, 从无线空口协议栈、物理层与高层协议增强、业务过程与业务连续性等方面对 5G 多播/广播无线传输技术进行了详细分析; 最后, 对 5G 多播/广播技术的后续演进方向进行了展望。

关键词: 5G MBS; 多播/广播; 无线传输技术

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022040

Key technologies of NR multicast and broadcast services

XU Xiayan

China Academy of Information and Communication Technology, Beijing 100191, China

Abstract: Internet protocol television (IPTV), group communication and other applications are regarded as multicast/broadcast services. 5G cellular mobile communication system should support the transmission of such application data efficiently. Firstly, the basic architecture of 5G multicast/broadcast system based on NR was analyzed according to the different transmission modes of multicast/broadcast application data from 5GC to UE via gNB. Then, the key technologies of 5G multicast/broadcast radio transmission were analyzed in detail from the aspects of air interface protocol stack, physical layer and higher layer protocol enhancements, service process and service continuity, etc. Finally, the evolution trends of 5G multicast/broadcast technology were prospected.

Key words: 5G MBS, multicast and broadcast, radio transmission technology

0 引言

在 3G 时代 3GPP 制定了用于视频广播和流媒

体服务的多播/广播多媒体子系统 (multicast/broadcast multimedia subsystem, MBMS) 标准^[1-4]。

4G LTE 时代最早在 Release 9 (Rel-9) 引入了演

收稿日期: 2022-01-30; 修回日期: 2022-03-04

基金项目: 2021 年工业和信息化部产业技术基础公共服务平台资助项目“面向 5G 高速大连接物联网的产业技术基础公共服务平台”(No.2021-H02A-1-1)

Foundation Item: 2021 Industrial Technology Basis Public Service Platform Project of Ministry of Industry and Information "Industrial Technology Basis Public Service Platform for 5G High-speed Massive Internet of Things" (No.2021-H02A-1-1)



进型 MBMS (evolved MBMS, eMBMS), Release 13 (Rel-13) 和 Release 14 (Rel-14) 对 eMBMS 持续进行增强, 以支持公共安全、蜂窝物联网、车联网和地面广播等新服务^[5-9]。其中, Rel-14 的 LTE eMBMS, 将用例和应用场景扩展到地面广播, 支持采用大功率高塔 (high power high tower, HPHT) 广播基础设施发送地面广播业务, 支持广播专用载频, 支持单接收模式 (receive-only mode, ROM) 设备与免费接收 (free-to-air) 模式, 终端无用户识别模块 (subscriber identity module, SIM) 即可接收广播内容。

3GPP Release 16 (Rel-16) 引入了基于 LTE 的 5G 地面广播^[6,10-11], 主要面向广播电视运营商, 利用广播频率、基于大功率高塔设施实现广播电视的广覆盖。具有如下特点: 采用大功率高塔发射机, 支持广覆盖单频网 (single frequency network, SFN) 部署, 即多个基站 (发射塔) 同步传输同一波形; 支持广播专用载波, 在广播专用载波上只发射广播业务, 不支持上行链路传输; 支持 ROM 设备和免费接收模式; 无线传输技术上, 引入具有超长循环前缀 (cyclic prefix, CP) 的参数集 (0.37 kHz 的正交频分复用子载波间隔, 300 μ s 的循环前缀长度, 符号长度 3 ms), 将固定接收的基站站间距扩展到 90 km; 增强支持速度高达 250 km/h 的车载终端; 通过对物理层信道设计的增强, 提高传输的可靠性。

3GPP Release 17 (Rel-17) 引入基于新空口 (new radio, NR) 的 5G 多播/广播业务 (multicast/broadcast service, MBS), 主要面向 5G 蜂窝移动网络运营商, 利用 5G 频谱、基于蜂窝组网以资源高效方式向其签约用户提供多播/广播业务, 如透明的 IPv4/IPv6 多播发送、交互式网络电视 (internet protocol television, IPTV)、群组通信和多播/广播物联网应用等, 达到对 5G 单播业务流量卸载的目的^[12-16]。

1 5G MBS 系统基本架构

5G MBS 系统提供广播业务与多播业务。对于广播业务, 向一个地理区域中的所有用户设备 (user equipment, UE) 同时提供相同的业务和内容; 使用广播会话向 UE 提供广播业务, 一个广播会话由传输的内容和提供业务的地理区域确定。对于多播业务, 将相同的业务和内容同时提供给一组 UE; 使用多播会话向 UE 提供多播业务, 一个多播会话由传输的内容、一组 UE 和提供业务的地理区域确定。

在网络架构上, 5G MBS 通过对 5G 核心网 (5G core, 5GC) 的增强并引入新的网络功能与接口支持多播/广播业务^[13-15]。当 5G MBS 数据从数据源到达 5GC 后, 按照数据从 5GC 到基站, 并最终到 UE 的传输方式, 5G MBS 系统基本架构如图 1 所示。

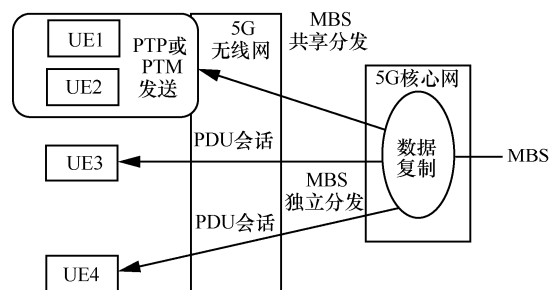


图 1 5G MBS 系统基本架构

5G MBS 数据发送到 5GC 后, 5GC 根据需要将数据复制多个备份, 可采用如下两种机制向 NR 基站发送 MBS 数据。

- MBS 共享分发机制: 5GC 接收 MBS 数据包的一个备份, 然后利用 5GC 与 NR 基站之间共享的传输通道将一个备份发送到基站, 然后由基站分发给一个或多个 UE (如图 1 中的 UE1、UE2)。该机制适用于各类 MBS 部署场景。
- MBS 独立分发机制: 5GC 接收 MBS 数据包的一个备份, 每个 UE 建立一个与 MBS

会话相关的协议数据单元(protocol data unit, PDU), 5GC 利用各个 UE 的 PDU 会话将 MBS 数据包的独立备份分别发送给各 UE (如图 1 中的 UE3、UE4)。数据从 5GC 到基站以及从基站到 UE 实质上采用单播方式发送。该机制只适用于多播会话。

NR 基站接收到 5G MBS 数据后, 可采用如下两种方法将数据通过空口发送给 UE。

- 点对点 (point-to-point, PTP) 传输: 基站将 5G MBS 数据的独立备份通过空口点对点发送给各 UE。
- 点对多点 (point-to-multipoint, PTM) 传输: 基站将 5G MBS 数据的一个备份通过空口点对多点发送给同一小区内多个 UE。

基站可组合使用 PTP/PTM 传输发送 MBS 数据, 对具体一个 UE 也支持在 PTM 与 PTP 传输间进行动态切换。

综合 5GC 与基站间数据发送机制和空口发送方法, 5G MBS 数据发送方案见表 1, 共有 4 种方案。

表 1 5G MBS 数据发送方案

5G MBS 发送方案	核心网-基站间发送机制	空口发送方法	适用业务
方案 1	MBS 共享分发机制	PTM	多播、广播
方案 2	MBS 共享分发机制	PTP	多播
方案 3	MBS 共享分发机制	PTP/PTM 动态切换	多播
方案 4	MBS 独立分发机制	PTP	多播

对于 5G MBS 多播业务, 为了提高资源使用效率, 5G MBS 标准规定, 只要基站支持 5G MBS, 则网络应采用 MBS 共享分发机制。并且对一个 MBS 多播会话, 5GC 可同时采用 MBS 独立分发机制和 MBS 共享分发机制: 即对 5GC 接收的同一个 MBS 数据包, 5GC 可对支持 5G MBS 的基站中的 UE 采用 MBS 共享分发机制进行发送, 同时对处于不支持 5G MBS 的基站中的 UE 采用

MBS 业务独立分发机制进行发送。因此, 从网络的角度来看, 对一个 MBS 多播会话, 可同时采用表 1 中多种发送方案进行发送。

对于 5G MBS 广播业务, 只支持采用表 1 中的方案 1。

2 5GMBS 无线传输关键技术

2.1 5G MBS 无线传输的基本设计

5G MBS 支持资源高效地提供多播与广播服务。在无线传输技术上, 5G MBS 基于 5G Rel-15 的物理层基本参数与信道设计, 利用 5G 蜂窝基站实现多播/广播数据的 PTP、PTM 传输, 并支持 PTP 传输和 PTM 传输的灵活切换^[16-20]。

5G MBS 中只有处于无线资源控制 (radio resource control, RRC) 连接 (RRC_connected) 状态的 UE 可以通过 PTP、PTM 传输方法接收多播通信服务, 对多播业务可采用混合自动重传请求 (hybrid automatic repeat request, HARQ) 反馈/重传机制来提升可靠性。而处于 RRC 空闲 (RRC_idle) 状态、RRC 非活跃 (RRC_inactive) 状态和 RRC 连接状态的 UE 都可以通过 PTM 传输方法接收广播通信服务。

5G MBS 无线传输, 具有如下特点^[16-17]。

(1) 基于 5G Rel-15 的参数集、物理信道和信号

对于 5G FR1 (即 410~7 125 MHz) 频段, 子载波间隔最小为 15 kHz, CP 的长度为 4.7 μ s (常规 CP) 或 5.1 μ s (扩展 CP)。如果采用 SFN 传输方式, 则站间距受限于 CP 长度, 只支持 1.5 km 左右。因此 5G MBS 只支持单小区发射或站间距较小的多站 SFN 发射, 不支持单站大范围覆盖的 SFN 部署方式。

(2) 融合单播与多播

5G MBS 融合单播与多播技术提供更好的业务体验。对于 MBS 多播业务, 一方面在 5GC 到基站的传输方式上, 可根据基站支持 5G MBS 的能力同时采用 MBS 独立分发机制和



MBS 共享分发机制, 并且可通过 MBS 共享分发机制到 MBS 独立分发机制的转换实现业务连续性; 另一方面在空口的传输方式上, 支持 PTP 传输与 PTM 传输的灵活切换, 在 PTM 提高空口资源使用效率与 PTP 传输提供更高可靠性之间达成平衡。

(3) 支持多播业务较高可靠性

部分多播业务对传输可靠性有较高要求, 5G MBS 对 PTM 传输引入 HARQ 反馈/重传等机制提升空口传输的可靠性。

(4) 不支持免费接收与 ROM

终端需要插入通用用户识别模块 (universal subscriber identity module, USIM), 与移动网络签约。因此, 5G MBS 主要是在移动通信运营商的 5G 网络上, 向签约用户提供多播、广播类型的业务。

(5) 不支持多播/广播专用载波

5G MBS 支持在单播和多播/广播业务之间灵活分配资源, 但由于有与单播业务相关的开销,

不支持将载波上全部资源分配给多播/广播业务。

2.2 多播业务技术方案

(1) 无线协议栈

在空口, 5G MBS 尽可能复用 Rel-15 NR 的协议架构, 其层二的协议栈结构保持不变, 多播业务的空口下行链路层二协议结构如图 2 所示。其中, 业务数据适配协议 (service data adaptation protocol, SDAP) 子层、分组数据汇聚协议 (packet data convergence protocol, PDCP) 子层的功能进行了简化。

针对多播和广播业务, 引入一种新的空口无线承载: MBS 无线承载 (MBS radio bearer, MRB)。MRB 可以只配置 PTP 传输 (PTP-only MRB), 或只配置 PTM 传输 (PTM-only MRB), 或同时配置 PTM、PTP 传输 (分路传输 MRB)。针对多播业务, MRB 可由基站配置为 PTP-only MRB、PTM-only MRB 或分路传输 MRB。

在无线链路控制 (radio link control, RLC) 子层的配置上, 对于 PTM 传输, 仅支持配置为单

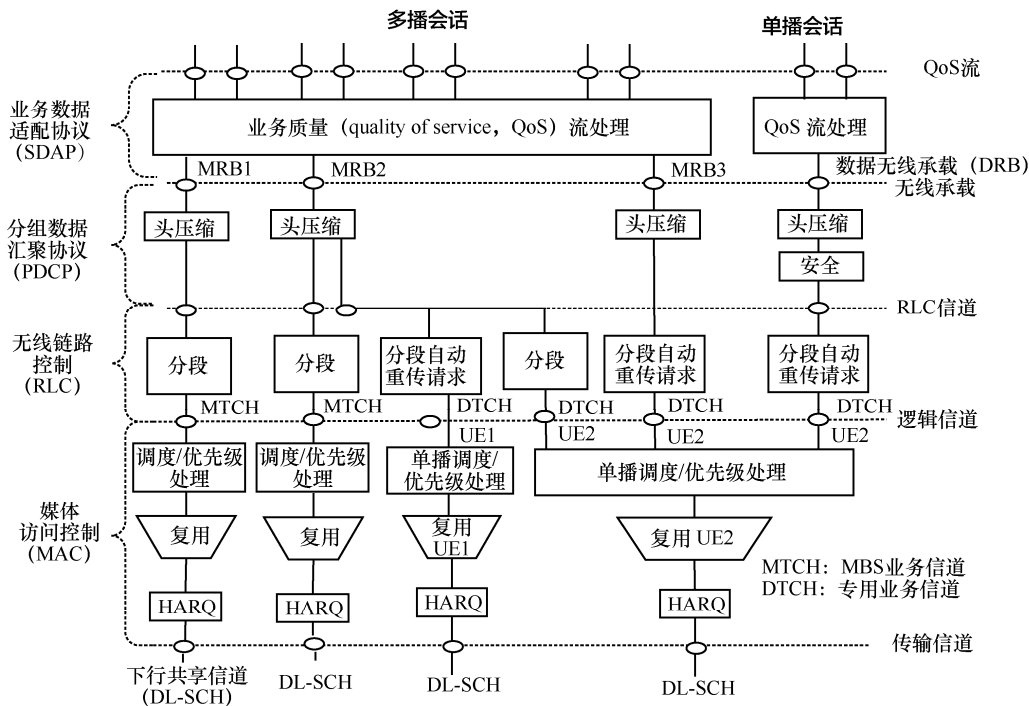


图2 多播业务的空口下行链路层二协议结构

下行的 RLC 非确认模式 (RLC-unacknowledged mode, RLC-UM) 传输方式; 对于 PTP 传输, 则提供多种灵活选择, 包括单下行的 RLC-UM 传输、双向 RLC-UM 传输或 RLC 确认模式 (RLC-acknowledged mode, RLC-AM) 传输。

对于多播会话, 基站可以给 UE 配置不同类型的 MRB, 并且基站可以通过重配置信令变更 UE 的 MRB 类型。对于分路传输 MRB, 在空口给 UE 配置两条传输路径, 一条是 PTP 传输路径, 另一条是 PTM 传输路径, 通过这两条传输路径之间的切换实现 PTP 与 PTM 传输的动态切换。

结合图 2, MRB1 为 PTM-only MRB, RLC 子层采用 RLC-UM 模式; MRB3 为 PTP-only MRB, RLC 子层采用 RLC-AM 模式; MRB2 为分路传输 MRB, 同时包含 PTP 和 PTM 传输, 并且对于 PTP 传输, RLC 子层可配置 RLC-UM 模式 (如图 2 中对 UE2) 或 RLC-AM 模式 (如图 2 中对 UE1)。

(2) 物理层增强

5G MBS 对物理层的增强主要是引入组调度机制来支持 PTM 传输。对于多播与广播业务, 使用物理下行共享信道 (physical downlink shared channel, PDSCH) 来承载 MBS 数据。采用 PTP 传输方式时, 物理层处理机制与 Rel-15 单播通信一致。采用 PTM 传输方式时, 引入新的公共的标识——组无线网络临时标识符 (group-radio network temporary identifier, G-RNTI)、组配置调度的无线网络临时标识符 (group-configured scheduling-RNTI, G-CS-RNTI) 来实现组调度, 即在物理下行控制信道 (physical downlink control channel, PDCCH) 上用 G-RNTI/G-CS-RNTI 替代小区无线网络临时标识符 (cell-RNTI, C-RNTI) 实现对 PDSCH 的资源调度, 组内的 UE 采用 G-RNTI/G-CS-RNTI 监测 PDCCH 获取调度信息, 然后接收相应的公共 PDSCH 上的 MBS 数

据。另外对 PTM 传输也支持 HARQ 反馈/重传机制。

(3) 空口高层协议增强

为支持 5G MBS 的 PTM 传输, 引入了点对多点的 MBS 业务信道 (MBS traffic channel, MTCH) 和 MBS 控制信道 (MBS control channel, MCCH) 这两个新的逻辑信道。其中, MTCH 传输 MBS 数据, MCCH 传输 MBS 控制信息。MTCH 和 MCCH 逻辑信道均映射到下行共享信道 (downlink shared channel, DL-SCH) 传输信道上, 并最终映射到 PDSCH 物理信道上。对于 PTP 传输, 则沿用 Rel-15 已有的专用业务信道 (dedicated traffic channel, DTCH) 逻辑信道及其映射关系。

(4) 多播业务基本过程

从一个多播业务的生命周期来看, 可分为多播会话创建、业务通告、会话建立、数据传输、会话释放与会话删除等几个阶段^[4], 多播业务的基本过程如图 3 所示。

- 多播会话创建: 应用功能 (application function, AF) 使用 MBS 会话创建 (MBS session creation) 过程建立到 5GC 的 MBS 会话。
- 业务通告: 用于向 UE 分发业务接收所需要的信息 (如 IP 多播地址) 及其他参数 (如业务开始时间)。
- 会话建立: 当第一个 UE 加入多播会话时, 5GC 建立到基站和 UE 的多播会话。
- 数据传输: 在空口传输多播数据。
- 会话释放: 多播会话中最后一个 UE 离开该会话时触发多播会话释放, 释放核心网和基站中与该多播会话相关的资源。
- 会话删除: 删除多播会话。

对某一个 UE 而言, 包括 UE 加入会话、UE 离开会话等过程。在 UE 加入会话过程中, UE 向 5GC 指示该 UE 希望接收哪些多播会话的数据。当 UE 离开会话, 则 UE 向 5GC 指示该 UE 不再希望接收哪些多播会话的数据。

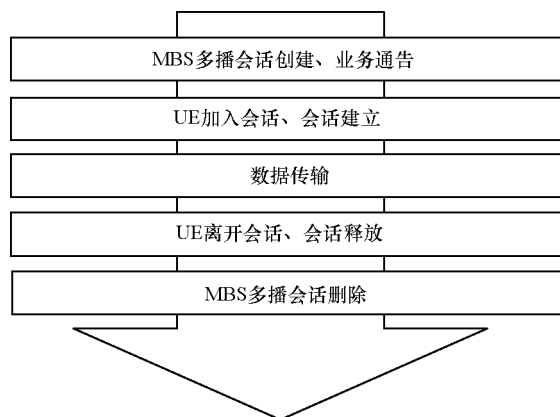


图3 多播业务的基本过程

(5) 多播业务的连续性

UE 移动时需要维持多播业务的连续性。

① 支持 MBS 基站之间的业务连续性：正在接收多播业务的 UE 切换到支持 MBS 的基站后，支持在新小区中通过 PTM 或 PTP 方式继续接收多播业务。如果新小区中还没有为该 MBS 会话建立 MBS 共享分发通道，则 5GC 需要建立到新小区的 MBS 共享分发通道，新小区相应地在空口建立 MRB 无线承载等资源。

② 支持 MBS 基站和不支持 MBS 基站之间的业务连续性：UE 从支持 MBS 的小区移动到不支持 MBS 的小区，网络可在 UE 切换过程中将多播业务从 MBS 共享分发机制转换到 MBS 独立分发机制实现业务的连续性。支持 MBS 基站到不支持 MBS 基站之间的多播业务连续性示意图如图 4 所示。

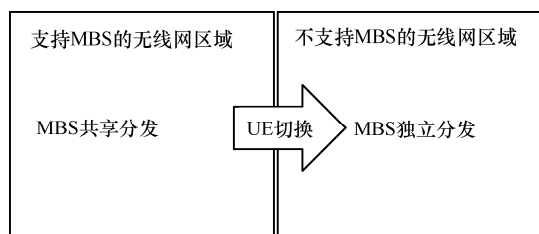


图4 支持 MBS 基站到不支持 MBS 基站之间的多播业务连续性示意图

(6) PTM/PTP 的动态切换

在 LTE eMBMS 中，利用 MBMS 按需操作 (MBMS operation on demand, Mood) 特性支持将

应用内容灵活选择作为单播业务或多播/广播业务发送；具体由广播多播业务中心 (broadcast-multicast service center, BM-SC) 实体根据 UE 上报的用户-业务消耗 (user-service consumption) 信息来选择单播业务或多播/广播业务^[21-22]。

5G MBS 也支持单播、多播之间的动态切换，并且为了优化无线资源使用效率，将单播、多播的动态切换决策权放到了基站^[17]。当采用 MBS 共享分发机制时，基站给 UE 配置分路传输 MRB，即给 UE 同时配置 PTP 传输路径和 PTM 传输路径，这两个路径一直处于激活状态，UE 持续监听 C-RNTI、G-RNTI 来接收多播业务数据；基站可根据 MBS 会话服务质量 (quality of service, QoS) 需求、加入的 UE 数量、UE 对接收质量的反馈等信息，动态选择 PTP 传输路径或 PTM 传输路径向某个终端发送多播业务数据。多播会话 PTP 传输与 PTM 传输的动态切换如图 5 所示。

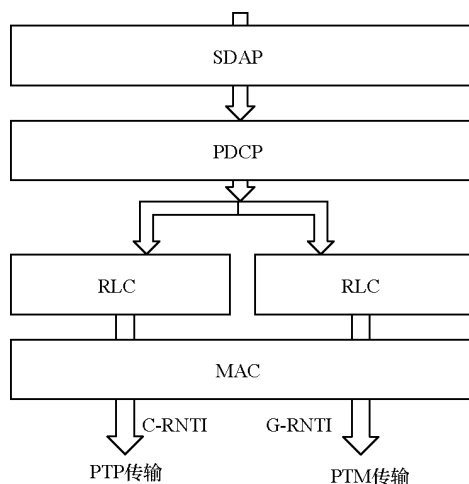


图5 多播会话 PTP 传输与 PTM 传输的动态切换

(7) 多播业务可靠性提升技术

考虑部分多播业务对可靠性有较高要求，5G MBS 引入了一些提高多播业务传输可靠性的机制。

- PTM 传输支持 HARQ 反馈与重传：基站接收到 UE 的 HARQ 反馈后，可以选择使用

PTM 或者 PTP 来进行重传。

- 时隙级重复: 通过对组 PDSCH 进行时隙级的重复发送来提高业务可靠性。
- PTM/PTP 动态切换: Rel-17 不支持为 PTM 传输配置 RLC-AM 模式, 因此, 当 PTM 传输方式无法满足可靠性要求时, 可通过 PTM/PTP 动态切换将 PTM 传输切换为 PTP 传输, 而 PTP 传输可采用 RLC-AM 模式, 通过 RLC 子层的自动重传请求 (automatic repeat-request, ARQ) 机制提高可靠性。

2.3 广播业务技术方案

(1) 无线协议栈

与多播业务相比, 广播业务在实现上较简单。对于广播业务, 同样采用 MTCH 和 MCCH 这两个逻辑信道, 其中, MTCH 承载广播数据,

MCCH 发送小区内广播会话的配置信息。处于 RRC_idle、RRC_inactive 和 RRC_connected 状态的 UE 通过接收 MCCH 获得接收 MTCH 所需要的配置信息。而接收 MCCH 所需要的配置信息则通过系统信息发送给 UE。广播业务的空口下行链路层二协议结构如图 6 所示。

对于广播业务在空口只支持 PTM 传输, RLC 子层采用单下行链路的 RLC-UM 模式。

(2) 广播业务基本过程

从一项广播业务的生命周期来看, 可分为会话创建与建立、业务通告、数据传输、会话释放与删除等阶段^[14], 广播业务的基本过程如图 7 所示。从具体接收广播业务的 UE 来看, 在广播会话创建完成、UE 接收到业务通告后, UE 可随时激活广播业务, 接收广播数据。

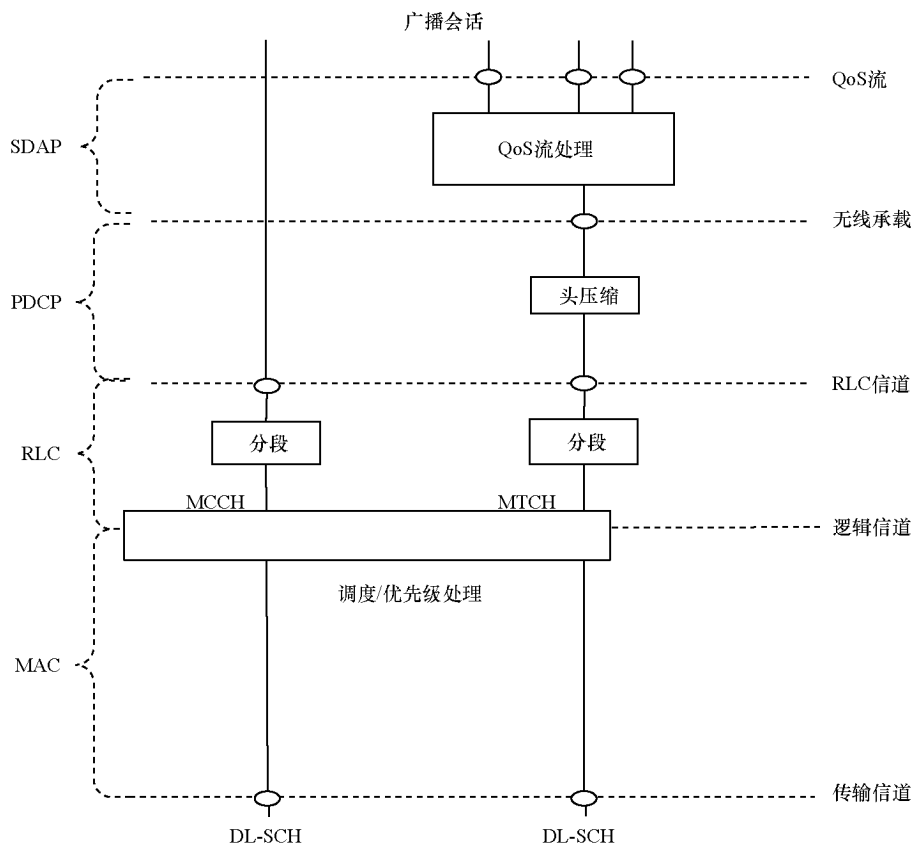


图6 广播业务的空口下行链路层二协议结构

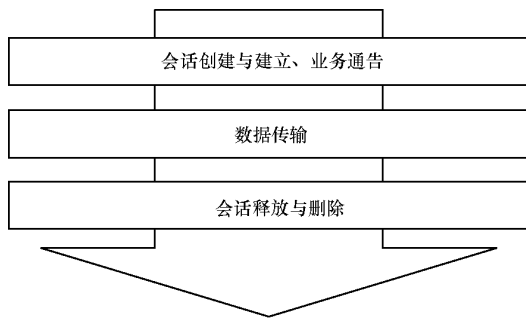


图7 广播业务的基本过程

(3) 广播业务的连续性

正在接收广播业务的 UE 移动时,如果在目标基站中建立了相同的广播会话,则 UE 可在目标基站中接收相同的广播业务。

在无线网中,对处于 RRC_idle 或 RRC_inactive 状态的 UE,基站可在 MCCH 中指示提供相同广播业务的相邻小区的列表等信息,以尽可能避免终端在相邻频率上读取与广播业务相关系统信息和 MCCH。为了更好地支持移动性,在进行小区重选时,正在接收广播业务的 UE 可优先重选到提供广播业务的相邻频率上。

对处于 RRC_connected 状态且正在接收广播业务的 UE,在切换到新小区后可向基站发送 RRC 信令,指示 UE 感兴趣接收的 MBS 频点和广播会话标识等信息,以辅助目标小区进行相应处理。

3 5G 多播/广播技术演进展望

通过对 5G 网络和空口传输技术的增强,Rel-17 5G MBS 实现了基于 5G 蜂窝移动通信网向用户提供基本的多播/广播业务的目标。5G 多播/广播技术的演进主要考虑进一步提升多播/广播业务的资源使用效率,提升网络的容量,进一步改善业务体验^[23-25]。

首先,Rel-17 5G MBS 中,UE 只有与基站建立连接进入 RRC_connected 状态才支持多播业务接收,这将导致较高的信令开销,并且 UE 一直保持在 RRC_connected 状态也不利于 UE 节电。

通过增强支持 UE 在 RRC_inactive 状态甚至 RRC_idle 状态下接收多播业务将可以改善这些不足。其次,Rel-17 5G MBS 中,UE 仅可在下行链路接收广播业务而无须提前接入网络;在一些广播业务场景中,UE 可能需要在接收广播业务的同时进行单播通信,在 UE 实现上可能需要在单播通信与广播业务接收间共享硬件资源,单播通信与广播业务接收引起资源冲突时如何处理,在 Rel-17 中没有进行优化。可通过增强以支持 UE 对广播业务接收和单播通信进行硬件共享处理。此外,在无线网共享部署场景下,如果共享无线网的多个运营商分别提供相同的多播/广播业务,这些业务在共享的小区中分别以 PTM 方式发送,将造成重复使用空口资源,因此可通过增强实现共享无线网的运营商之间的协调,对同一多播/广播业务在共享小区中仅发送一次,以提高 MBS 业务的资源使用效率。5G MBS 其他的可能增强方向还包括对物理层进行增强实现,对 SFN 部署更好的支持等。

4 结束语

Rel-17 5G MBS 通过对网络架构和无线传输技术的增强,实现了基于 5G 移动通信网提供多播/广播业务的能力。5G 系统引入多播/广播能力将为 5G 应用的发展打开一个新的领域。在 5G Rel-18 及后续版本中,5G 多播/广播技术有望进一步增强,继续提升多播/广播业务的传输效率。

参考文献:

- [1] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; multimedia broadcast/multicast service; stage 1: TS22.146[S]. 2002.
- [2] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; multimedia broadcast/multicast service (MBMS) user services: TS22.246[S]. 2004.
- [3] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; multimedia broadcast/multicast service (MBMS); architecture and functional description: TR 23.246[S]. 2003.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 2GHz TD-SCDMA 数字蜂

- 寓移动通信网 多媒体广播系统 总体技术要求 (第一阶段) 第1部分: 系统要求: YD/T 1781.1—2011[S]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
- Ministry of Industry and Information of the People's Republic of China. 2GHz TD-SCDMA digital cellular mobile telecommunication network. MBMS general technical requirements (phase 1). Part 1: system requirements: YD/T 1781.1—2011[S]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2011.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部. LTE 数字蜂窝移动通信网 多媒体广播多播系统 总体技术要求: YD/T 3674—2020[S]. 北京: 人民邮电出版社, 2020.
- Ministry of Industry and Information of the People's Republic of China. LTE digital cellular mobile telecommunication network MBMS general technical requirement: YD/T 3674—2020[S]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2020.
- [6] 3GPP. Technical specification group radio access network; overall description of LTE-based 5G broadcast (Release 16): TR 36.976[S]. 2021.
- [7] 周峰, 刘卉. LTE eMBMS 无线技术研究与关键问题分析[J]. 电信科学, 2014, 30(12): 9-14.
- ZHOU F, LIU H. Analysis of radio resource schedule in LTE eMBMS[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(12): 9-14.
- [8] 付皓, 桂烜, 刘兆元, 等. eMBMS 终端和业务实现方案浅析[J]. 移动通信, 2015, 39(1): 77-82.
- FU H, GUI X, LIU Z Y, et al. Analysis on scheme of eMBMS terminal and service implementation[J]. Mobile Communications, 2015, 39(1): 77-82.
- [9] 吴琳, 史敏锐, 陈键. LTE 广播技术和部署研究[J]. 电信科学, 2014, 30(12): 2-8, 14.
- WU L, SHI M R, CHEN J. Study on LTE broadcast technology and deployment issue[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(12): 2-8, 14.
- [10] 李芒庆. 5G 地面广播发展历程及关键技术分析[J]. 广播与电视技术, 2020, 47(8): 131-134.
- LI M Q. Development history and crucial technical analysis of 5G terrestrial broadcasting[J]. Radio & TV Broadcast Engineering, 2020, 47(8): 131-134.
- [11] 郑锐生, 蔡子华, 张紫璇. 5G 广播技术浅析[J]. 广东通信技术, 2021, 41(7): 36-39.
- ZHENG R S, CAI Z H, ZHANG Z X. Analysis on 5G broadcast technology[J]. Guangdong Communication Technology, 2021, 41(7): 36-39.
- [12] 3GPP TSG-SA WG2. 3GPP TSG SA meeting #85 (SP-190625) revised SID: architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services[R]. 2019.
- [13] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; study on architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services: TR 23.757[S]. 2021.
- [14] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services; stage 2(Release 17): TS 23.247[S]. 2021.
- [15] 杨方正, 徐超, 张宇, 等. 5G 广播系统架构演进[J]. 广播电视信息, 2021, 28(8): 80-86.
- YANG F Z, XU C, ZHANG Y, et al. Architecture evolution of 5G broadcasting system [J]. Radio & Television Information, 2021, 28(8): 80-86.
- [16] 3GPP TSG-RAN WG2. 3GPP TSG RAN meeting #88-e(3GPP RP-201038) revised work item on NR multicast and broadcast services[R]. 2020.
- [17] 3GPP TSG-RAN WG2. 3GPP TSG-RAN WG2 meeting #116-e (R2-2111605) 38.300 running CR for MBS in NR[R]. 2021.
- [18] 3GPP TSG-RAN WG2. 3GPP TSG-RAN WG2 meeting #116-e(R2-2111658) 38.331 running CR for NR MBS[R]. 2021.
- [19] 3GPP TSG-RAN WG2. 3GPP TSG-RAN WG2 Meeting #116-e(R2-2111414) 38.321 running CR for NR MBS[R]. 2021.
- [20] 3GPP TSG-RAN WG2. 3GPP TSG-RAN WG2 Meeting #116-e(R2-2111441) 38.304 running CR for MBS in NR[R]. 2021.
- [21] GARRO E, FUENTES M, CARCEL J L, et al. 5G mixed mode: NR multicast-broadcast services[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2020, 66(2): 390-403.
- [22] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; multimedia broadcast/multicast service (MBMS); protocols and CODECS(Release 15): TS 26.346[S]. 2018.
- [23] GIMENEZ J J, CARCEL J L, FUENTES M, et al. 5G new radio for terrestrial broadcast: a forward-looking approach for NR-MBMS[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2019, 65(2): 356-368.
- [24] GOMEZ-BARQUEROD, LI W, FUENTES M et al. 5G for broadband multimedia systems and broadcasting[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2019, 65(2): 351-355.
- [25] CATT. 3GPP TSG RAN Meeting #94-e(RP-213568) New WID: Enhancements of NR Multicast and Broadcast Services [R]. 2021.

[作者简介]



徐霞艳 (1976—), 男, 中国信息通信研究院高级工程师, 主要研究方向为无线通信技术的标准化、技术试验验证等。