



MulteFire 版本 1.0

技术文件

一种新的无线方式





简介:

MulteFire™ 是一种新的创新技术,旨在通过在非授权或共享频谱中独立运行 LTE 技术来创建新的无线网络。MulteFire 1.0 版规范于 2017 年 1 月由 MulteFire 联盟制定。该联盟是一个开放的国际组织,致力于在仅使用非授权或共享无线频谱的配置中支持其成员、开发人员和用户在 LTE 和下一代移动蜂窝技术应用中的共同利益。

通过 MulteFire、私人和公共场馆, IoT (物联网) 垂直业务, 以及企业和业主能够通过 MulteFire 以与操作 Wi-Fi 相同的方式创建、安装和运营自己的私有或中立宿主网络 MulteFire 网络。MulteFire 融合高质量 LTE 服务和功能以支持局域语音和数据 IP 服务, 既可以独立地作为私有网络运作, 也可以作为中立宿主网络与现有移动网络互通, 从而提供安全、无缝的服务。

今天, 建筑内中立宿主网络无线解决场景常见于 Wi-Fi 和分布式天线系统 (DAS) 部署的环境, 并且偶尔在宏基站环境中使用。然而, 中立宿主网络选项这种服务多个运营商用户的常见部署却很少在部署授权频段小基站时采用。MulteFire 有可能加速小基站的部署运用, 并在更大规模上实现中立宿主网络部署。

MulteFire 创造了新的商业机会, 使新的市场垂直业态受益于 LTE 技术及其生态系统。这些垂直行业包括大型企业、体育娱乐、医疗保健、身份管理、公共场所 (商场、机场)、酒店、交通运输应用、M2M、物联网、海港管理、天然气检测、制造、物流和公共部门 (现场急救人员、智能电网、军事基地和兵营、大学、医院、教育部门)。这些垂直行业均可为其用户创建定制的应用和体验质量 (QoE)。

MulteFire 适用于需要通过空口 (Over the air, OTA) 竞争进行公平共享的任何频段, 例如全球 5 GHz 非授权频谱带或即将在美国推出的 3.5 GHz CBRS (公民宽带无线业务) 频段的共享频谱。MulteFire 与 3GPP 标准保持紧密一致, 并且是建立在用于授权辅助接入 (LAA) 和增强型授权辅助接入 (eLAA) 的 3GPP 版本 13¹ 和 3GPP 14² 规范的元素之上, 扩充标准的 LTE 从而可以在全球非授权频谱中操作。MulteFire 已设计诸如“载波侦听”(LBT) 的增强功能, 以便与其他频谱用户 (如 Wi-Fi 或 LAA) 高效共存。

MulteFire 可实现全面的 LTE 服务, 包括 VoLTE (语音)、高速移动宽带 (数据)、用户移动性和物联网优化。它能够提供类似于 LTE 的性能和类似于 Wi-Fi 的简单部署。与移动网络一样, MulteFire 可在用户在建筑物附近走动时实现全面的移动性; 该技术可根据需要实现小基站之间的无缝切换。MulteFire 还可以与外部移动网络互通, 以便在用户离开 MulteFire 服务区域时提供服务连续性。

MulteFire 可在任何地方运行, 无需额外的监管批准、成本高昂的频谱或专业知识。即使在高度拥塞的环境中, 它也能使用 LTE 中设计的许多复杂功能来提供高性能、无缝的移动性和弹性。与 Wi-Fi 一样, 多个 MulteFire 网络可以在同一物理空间中共存、重叠或友好为邻。

MulteFire 充分释放了广泛采用小基站的巨大潜力, 特别是室内部署场景。此外, 它可以成为单一运营商企业解决场景, 也可以通过充当中立宿主网络, 以比现在的 DAS 更低的成本为建筑业主形成有用的多运营商解决场景。

以下是 MulteFire 通过采用 LTE 技术而得到的关键性能优势:

- 全面设计的端到端架构支持各种部署模式
- 无线空中接口, 包括利用 eLAA 稳健锚载波设计、LBT 设计、随机接入等关键过程、移动性、RRM (无线资源管理) 测量和寻呼的帧结构和上行传输场景
- 更好的无线覆盖
 - 在非授权频段保留 LTE 的深度覆盖特性
 - 控制信道设计目标是在可以在 -6 dB 的小区边缘 SINR 工作
 - 与运营商机 Wi-Fi 相比, 增加了 5-6 dB 的链路预算优势
- 提高在更密集部署环境下的系统容量
 - 超过 802.11ac 基准的显著增益 (约 2 倍)
 - 利用 LTE 链路效率和 MAC
- 无缝的移动性
 - 将运营商机 LTE 移动性扩展至非授权和共享频谱
 - 支持后向和前向切换 (如 Rel. 12)
 - 根据部署模式, 为各种情况下 MulteFire 基站之间以及 MulteFire 网络和宏移动网络之间的移动提供无缝和稳健移动性
 - 提供移动进出中立宿主网络部署时的广域网 (WAN) 服务连续性。
- 增强稳健性
 - 正向切换帮助在无线链路失败时恢复
 - 增强了无线链路失败触发
 - 利用 LTE 成熟的自组织网络 (SON) 技术

本文根据 MulteFire 1.0 版规范, 详细描述了 MulteFire 的技术细节。第 1-3 节着重于网络架构。有关无线空中接口的更多细节, 请参见第 4 节。第 5 节介绍了不同 MulteFire 部署场景中的性能评估结果, 第 6 节对本文做了总结。

目录

1	一般设计原则	6
2	PLMN 接入模式架构	7
2.1	架构概述	7
2.2	PLMN 接入模式用例	8
2.2.1	MulteFire RAN 连接到现有核心网络	8
2.2.2	仅使用 MulteFire 的网络	8
2.3	PLMN 接入模式功能	8
3	NHN 接入模式架构	8
3.1.1	使用 NHN 独立无线接入服务	8
3.1.2	使用 NHN 分流移动服务	9
3.1.2.1	分流移动接入服务	9
3.1.2.2	分流移动语音服务	9
3.1.3	网络选择	11
3.1.4	移动性	11
3.1.5	认证和其他 AAA 功能	12
3.1.6	UE 识别	12
3.1.7	在线注册 (OSU)	12
4	无线空中接口	13
4.1.1	动态 UL/DL 配置	15
4.1.2	用于 PUSCH、PUCCH、PRACH、SRS 的 B-IFDMA 波形	16
4.1.3	PUCCH/PRACH/SRS 高级设计	16
4.1.4	上行调度和 HARQ 操作	17
4.1.5	随机接入程序	17
4.1.6	移动性和 RRM 测量	18
4.1.7	寻呼	18
5	性能评估	18
5.1.1	评估方法	18
6	结论	23
7	参考资料	23
8	术语表	24

图目录

图 1. PLMN 接入模式

图 2. 中立宿主网络接入模式

图 3. MulteFire 小区、PLMN 和 NHN 之间的关系

图 4. PLMN 接入模式参考架构

图 5. 分流移动接入模式

图 6. 分流移动语音服务不受信任的非 3GPP

图 7. 分流移动语音服务受信任的非 3GPP

图 8. NHN 接入模式的架构参考模式

图 9. 用于 EAP 认证的 NHN 接入模式协议栈

图 10. DRS 机构 (12 个字符示例)

图 11. 通过 PBCH 进行 DRS 及 SFN 指示的 DMTC 和机会传输

图 12. 六角形宏单元区域中的室外小基站集群

图 13. 室内热点模型建筑

图 14. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室外部署场景的 DL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi 基准部署 (即场景 (x) 中的 UPT/ W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲区占用率 (BO) 来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

图 15. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室外部署场景的 UL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi 基准部署 (即场景 (x) 中的 UPT/ W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲区占用率 (BO) 来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

图 16. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室内部署场景的 DL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi ('W+W') 基准部署 (即场景 (x) 中的 UPT/ W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲区占用率 (BO) 来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

图 17. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室内部署场景的 UL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi 基准部署 (即场景 (x) 中的 UPT/ W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲区占用率来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

1. MulteFire 的网络架构

1. 一般设计原则

MulteFire 网络架构规范是基于 3GPP 第 13 版规范, 并继承了其主要的属性, 例如无缝移动性、安全性、互操作性, 支持不同 IP 流的不同服务质量 (QoS) 级别, 以及不同用户的不同服务级别。该设计的目标是最小化 MulteFire 和 LTE 之间的差异。基于 MulteFire 的网络可作为单个节点实施, 不同的功能实体亦可作为不同的节点实施。由于明确制定了核心网络和无线接入网络之间的接口, 也可进行多厂商的 MulteFire 部署。

MulteFire 1.0 版规范还考虑到与 3GPP 网络的互通。3GPP 公共陆地移动网络 (PLMN) 和 MulteFire 无线接入网络 (RAN) 之间的互通在 3GPP PLMN 中引入任何 Multefire 功能。然而, 只有在 3GPP PLMN 支持某些 MulteFire 特定扩展时, 才能提供某些增强功能或改进性能。

MulteFire 架构规范支持以 SIM 卡或无 SIM 卡进行接入认证, 为来自不同类型服务供应商 (包括传统移动网络运营商以及非传统签约服务供应商) 的用户提供服务。为了实现不同类型的部署, 为 MulteFire 开发了两个参考架构: PLMN 接入模式和中立宿主网络接入模式。

使用 PLMN 接入模式 (图 1), MulteFire 无线接入网络可作为一个 PLMN 的额外的无线接入网络连接到 3GPP MNO (移动网络运营商) 核心网。这样可以在 MulteFire 和 3GPP RAN 之间移动时可以保留 IP 地址。PLMN 接入模式使 MNO 扩展其网络覆盖范围 (例如, 在没有授权频谱的情况下), 或允许在场馆或其他场所中部署 MulteFire, 为来自一个或多个 MNO 的用户提供移动服务。

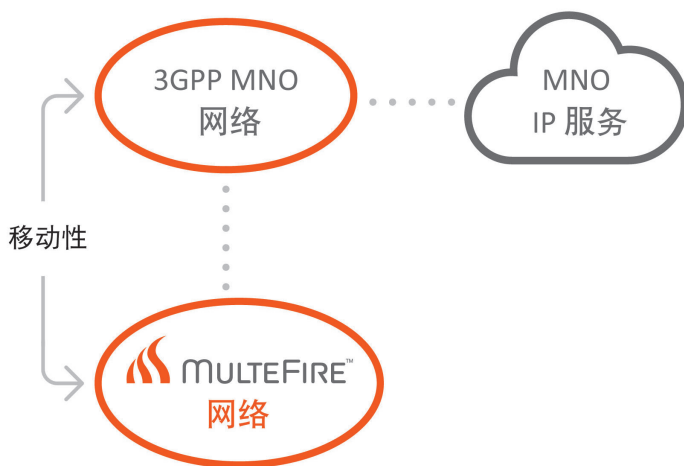


图 1. PLMN 接入模式

中立宿主网络 (NHN) 接入模式 (图 2) 是一个独立的网络部署, 提供本地 IP 网络或互联网接入。

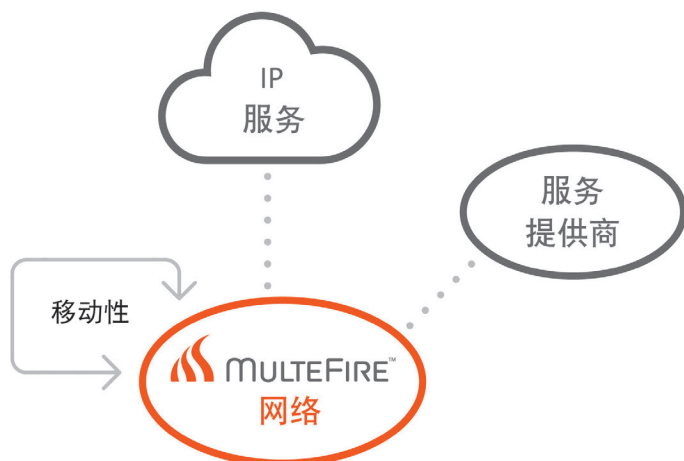


图 2. 中立宿主网络接入模式

同一 NHN 内的 MulteFire 小区之间支持移动性。NHN 与外部签约服务供应商 (PSP) 进行交互, 为其用户启用服务。PSP 提供用户签约、结算和相关的认证、授权和计费 (AAA) 服务。PSP 在逻辑上与 NHN 的运营商分开。例如, 在中立宿主网络中, MNO 是作为一个 PSP 的一个例子。

NHN 也可以作为专用私有网络部署在隔离环境 (例如, 矿山、游轮、私营企业、餐厅、酒店)、场馆或公共空间中, 为多个服务供应商或企业的用户提供服务。

MulteFire 小区、PLMN 和 NHN 之间的关系如图 3 所示。MulteFire 小区可同时以 PLMN 接入模式支持一个或多个 PLMN, 以及以 NHN 接入模式支持单个 NHN。当 MulteFire 小区支持 PLMN 接入模式时, 其将会广播相应的 PLMN ID。

本文第 2 和第 3 节将详细介绍两种架构。

2. PLMN 接入模式架构

2.1 架构概述

在 PLMN 接入模式中, MulteFire RAN 以与演进的通用陆地无线接入网络 (E-UTRAN 又名 LTE RAN) 连接到 EPC 的相似方式, 连接到 3GPP 演进的分组核心网 (EPC)。图 4 给出了 MulteFire PLMN 接入模式的参考架构模型。MulteFire RAN 通过 S1 连接到 3GPP EPC, 并提供类似于 E-UTRAN 的功能。唯一的新网络元素是充当 LTE 基站 (eNodeB) 的 MulteFire 接入点 (AP)。



图 3. MultiFire 小区、PLMN 与 NHN 之间的关系

从 EPC 的角度来看, MulteFire AP 是一个 eNB。接口重用现有的 3GPP 接口。S1-MME 或 S1-U 没有变化。

MulteFire RAN 和 E-UTRAN 中使用的过程和标识符相同, 并且应用相同的承载和服务质量 (QoS) 模型。不论在无线资源控制 (RRC) 连接模式还是在空闲模式下, MulteFire RAN 内部移动性和 PLMN 内部从 MulteFire RAN 到 3GPP RAN 的移动性都是支持的。另外, 从 3GPP RAN 到 MulteFire RAN 的移动性也是支持的。网络发现和选择机制也遵循 3GPP 中的定义。

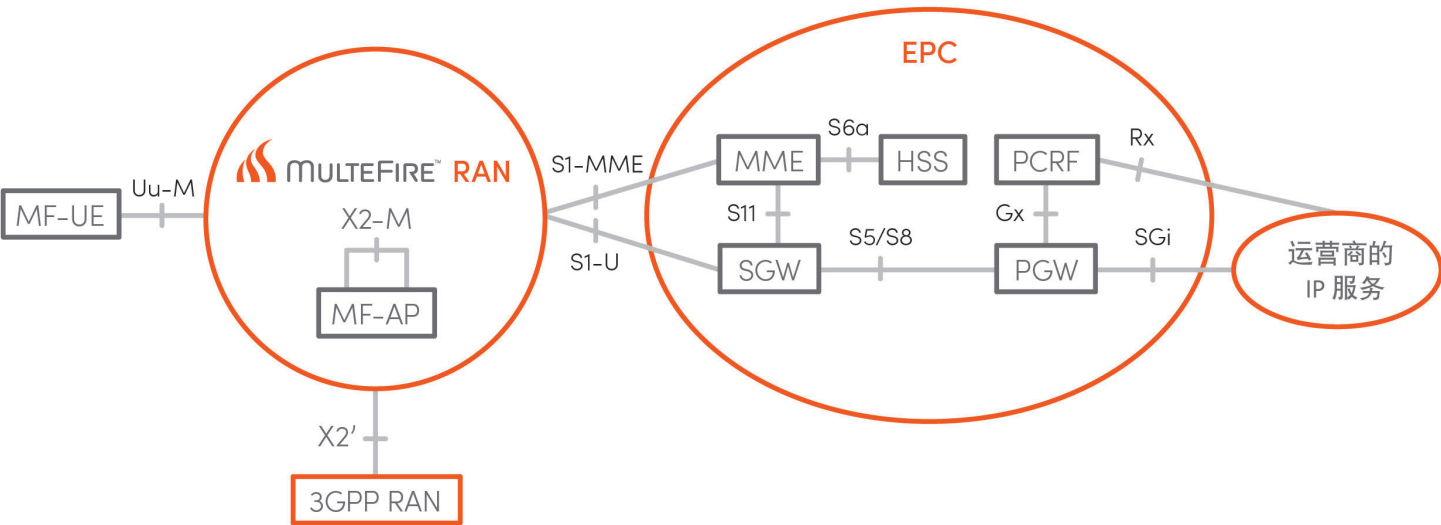


图 4. PLMN 接入模式参考架构

该架构同时支持漫游和非漫游场景。多个 EPC 可连接到单个 MulteFire RAN (例如, 支持 RAN 共享)。MulteFire RAN 与 E-UTRAN 的 RAT 类型相同。MNO 可通过为 MulteFire RAN 和 E-UTRAN 分配不同的跟踪区域代码 (TAC) 值来区分两种 RAN。EPC 可根据 TAC 值判断到底终端 (UE) 是驻留在 MulteFire RAN 还是 E-UTRAN (例如计费策略与计费控制 (PCC) 规则差异化)。

2.2 PLMN 接入模式场景

2.2.1 MulteFire RAN 连接到现有核心网络

在此场景中, MulteFire 被用作额外的 RAN 来扩展 MNO 的网络覆盖 (例如, 在无授权频谱可用的情况下) 或/和利用现有核心网络进行扩容。MulteFire RAN 也可销售给企业以将其连接现有核心网。RAN 共享可使一个 MulteFire RAN 能向多个 MNO 核心网提供移动服务。

2.2.2 仅使用 MulteFire 的网络

运营商可在不使用任何授权频段的情况下, 通过以 PLMN 接入模式部署 EPC 和 MulteFire RAN。在此场景中, 运营商必须拥有并广播自己的 PLMN ID, 并还需要执行基于 USIM 的接入认证。此场景适用于专用网络 (例如工业、矿业、离岸产业) 或无授权频谱的移动虚拟网络运营商 (MVNO)。在后者, MVNO 可能与 MNO 签订有漫游协议。

2.3 PLMN 接入模式功能

针对 PLMN 接入模式, 并未有向 EPC 引入新功能。为了区分 E-UTRAN 的不同 MulteFire RAN (例如, 使用不同的计费和 PCC 规则), 可使用不同的 TAC 值。如果 MNO 应用 TAC 区分 E-UTRAN 和 MulteFire RAN, 则必须设定移动性管理实体 (MME)、SGW 和 PGW 以区分 MulteFire RAN 和 E-UTRAN 使用的 TAC 值。

3. NHN 接入模式架构

架构概述

中立宿主网络 (NHN) 接入模式架构旨在让各种实体在各种地点轻松部署独立的基于 MulteFire 的接入网络。一个关键的设计原则是将接入网络功能与服务供应商功能分离开。

接入网络部分 (NHN) 为 UE 提供与外部 IP 网络 (通常为互联网) 的连接。PSP 提供用户签约、结算和相关的 AAA 服务。一个 NHN 可服务多个 PSP 的 UE, 一个 PSP 可通过多个 NHN 提供其服务。

NHN 接入模式应用场景

3.1.1 NHN 独立提供无线接入服务

NHN 模式可用于部署与任何无线移动服务或 Wi-Fi 服务不同的独立无线接入服务。该用例也可以应用于独立隔离部署的场景中 (例如, 在企业中或在近海勘探中), 为特定用户组提供使用 NHN 接入模式架构的专用服务。

通常, 此应用场景涉及设备用户的初始手动 PSP 选择, 除非该设备与特定 PSP 预先关联。在 UE 未预配置相应签约凭证的情况下, 可使用在线注册过程来签订所需的无线接入服务, 并为 UE 提供该服务的相应凭证。在从所选 PSP 获取无线接入服务后, UE 可在同一 PSP 可用时自动重新连接无线接入服务。

根据 UE 的能力, 可同时经由 NHN 维持无线接入服务及通过移动网络维持移动服务。

3.1.2 使用 NHN 分流移动服务

3.1.2.1 分流移动接入服务

在此用例中, 如图 5 所示, 重新使用移动运营商 USIM 和已与 USIM 相关联的移动签约信息, 将移动运营商提供的移动接入服务分流到一个 NHN。当 UE 进入为移动运营商 PSP 提供服务的 NHN 覆盖区域时, UE 可被配置为自动连接 NHN, 与移动运营商 AAA 服务器执行基于 USIM 的 NHN 认证, 并在成功认证时用 NHN 提供的 IP 接口分流部分数据流。相应地, 当 UE 离开 NHN 覆盖区域时, 可将数据流切换回移动网络提供的 IP 接口。

为实现此应用场景, UE 中需要有适当的策略来控制移动接入服务的分流。UE 还应能够通过不同的无线硬件资源或通过两个连接之间动态切换共享无线硬件资源, 以同时操作移动网络和 NHN 无线连接。



图 5. 分流移动接入模式

3.1.2.2 分流移动语音服务

无论连接与 NHN 的终端是用于独立无线接入服务或用于分流移动接入服务, NHN 提供的 IP 接口也都可用于提供移动运营商 IP 服务, 例如移动语音服务 (即 VoLTE)。将移动语音服务分流到 NHN 的机制与 Wi-Fi 呼叫的机制相似。

一种选择是使用 3GPP 的非信任非 3GPP 互操作模型。在通过 NHN 获得 IP 连接后, UE 可自动使用该 IP 连接接入到移动运营商的演进分组数据网关 (ePDG), 与 ePDG 执行基于 USIM 的认证并建立 UE 和移动运营商 ePDG 之间的 IP 安全性 (IPsec) 保护隧道 (又名 SWu 参考点)。此安全的 OTT (over-the-top) 隧道随后可作为移动运营商 IP 服 (例如 VoLTE) 务的另一种传送手段。此 SWu 隧道的建立和使用对 NHN 全无影响。为了能够 MulteFire 空中接口为隧道通信建立 QoS 承载将对 SWu 信令将被作适当的扩展。



图 6. 分流移动语音服务不受信任的非 3GPP



图 7. 分流移动语音服务受信任的非 3GPP

另一个选择是将 NHN 视为可信非 3GPP 接入网络。此时, NHN 经由 3GPP 定义的 S2a 接口连接 EPC (PDN GW)。以这种方式, UE 可得到 VoLTE 等移动运营商 IP 服务。

为实现此用例, UE 中需要存有适当的策略来控制移动语音服务的分流。

架构参考模型

图 8 表示用于 NHN 接入模式的参考架构, 例如, 通过 NHN 将 MulteFire 小区用于 PSP 服务的用例。

逻辑实体的功能如下:

- MulteFire-AP 提供类似于 3GPP eNB 的功能。
- NH-MME 为 NHN 提供类似于 MME 为 3GPP PLMN 提供的功能。

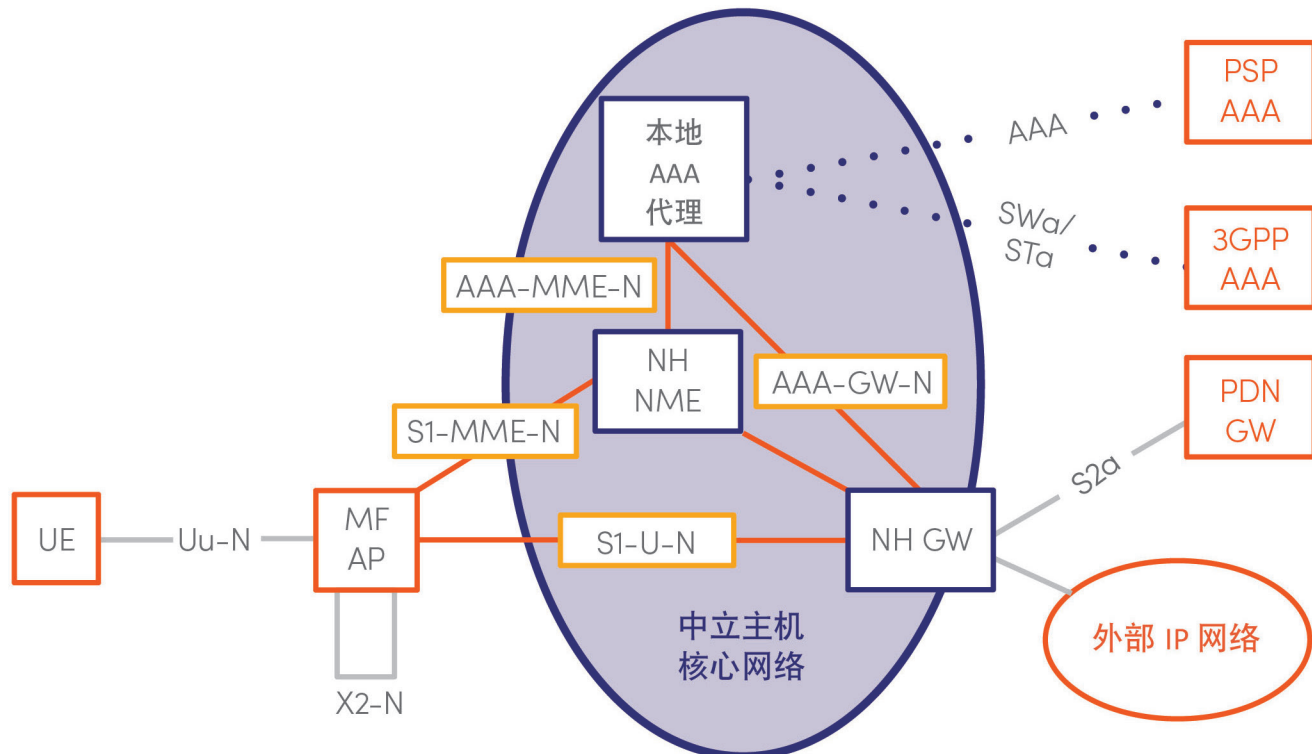


图 8. NHN 接入模式的架构参考模式

- NH-GW 为 NHN 提供类似于结合 SGW/PGW 为分流流量提供的功能。对于 EPC 路由的 PDN 连接, 当使用 S2a 接口时, 在通过 S1 接口与 MulteFire-AP 互动, NH-GW 功能类似于 SGW, 并在通过 S2a 接口与 PLMN PDN-GW 互动方面类似于可信无线接入网关 (TWAG)。
- NHN 中的本地 AAA 代理为外部 AAA 服务器的单一通信结点。

在 3GPP EPC 架构基础上, 中立宿主网络核心网络架构有些简化之处。对 NHN 核心网内部的接口 (例如, NH-MME 和 NHGW 之间) 和相关流程 (例如不同 NH-MME 之间的流程) 未作规范。由于 NHN 接入模式规范不涵盖动态策略控制, 因此策略控制亦将留予执行场景自行决定。NHN 与 2G 和 3G 网络之间的互操作也被略去。

NHN 接入模式与 LTE/PLMN 接入模式的主要功能差异如下:

- NHN 和 PSP 网络选择被定义为不同于 PLMN 选择的新功能
- 使用 AAA 服务器和相关流程替代归属用户服务器 (HSS) 和传统的 LTE 身份验证
- 不用国际移动用户识别码 (IMSI) 作为 UE 在非接入层 (NAS)
- 支持在线注册, 例如, 无需订购即可接收 NHN 以便注册

所有与签约相关的功能, 如认证、授权和计费, 均与 NHN 解耦并由 PSP 执行。PSP 可以是使用 3GPP AAA 服务器 (图 8 中的 3GPP AAA) 并通过非 3GPP 接入参考点 (SWa 或 STa) 与 NHN 交互的 3GPP PLMN (例如, 移动运营商)。PSP 还可以是透过普通 AAA 服务器 (图 8 中的 PSP AAA), 使用通用 Diameter/Radius 信令 (图 8 中的 AAA) 与 NHN 互动的其它实体。

NHN 接入模式具体功能

3.1.3 网络选择

支持 NHN 接入模式的 MulteFire 小区广播额外信息, 以便 NHN 接入模式 UE 能够发现中立宿主网络识别码 (NHN-ID) 和 PSP-ID 列表。NHN-ID 是 NHN 的标识符, 而同一 NHN 的所有 MulteFire 小区都广播相同的 NHN-ID。PSP-ID 用来标识通过 NHN 提供服务的 PSP。中立宿主网络没有 PLMN ID。

MulteFire UE 自动扫描 MulteFire 频段的小区, 并检测已发现的 MulteFire 小区是否支持 NHN 接入模式。根据广播信息, UE 识别 NHN (NHN-ID), 并发现一系列可用 PSP (PSP-ID)。

当 UE 进行自动网络选择时, 发现已配置 PSP-ID 和可用 PSP-ID 进行匹配, 然后根据已配置 PSP-ID 的优先级选择 NHN 接入模式的 PSP。选择 PSP 后, UE 连接到一个服务所选 PSP 的 NHN。

NHN 接入模式还支持手动网络选择, 由设备用户通过设备 UI 选择 PSP 和 NHN。

3.1.4 移动性

属于同一 NHN 的 MulteFire 小区之间可支持移动性。UE 在广播相同 NHN-ID 的 MulteFire 小区之间进行空闲模式小区重选。与在 E-UTRAN 中一样, 在 NHN 内也定义跟踪区域以实现空闲模式移动性。另外, NHN 小区之间主动模式移动性也是支持的, 并以类似于 E-UTRAN 中的切换方式实现。不同 NHN 小区之间的移动性则不支持。

3.1.5 认证和其他 AAA 功能

NHN 依靠外部 AAA 服务器执行认证、授权和计费功能。NHN 不与 HSS 交互。

NHN 架构支持 UE 和所选 PSP 之间的相互认证。EAP（可扩展认证协议）作为认证协议。不论基于 USIM 的认证方法 (EAP-AKA) 以及基于非 USIM 的认证方法, 例如扩展认证协议传输安全层 (EAP-TLS) 和可扩展认证协议隧道传输安全层 (EAP-TTLS) 都是支持的。UE 和 NH-MME 之间可以通过扩展 NAS 协议传输 EAP。NHN 和外部 AAA 服务器之间的 EAP 信令, 可以使用 AAA Radius/Diameter 协议, 又或, 假设使用 3GPP AAA 服务器的话, 使用 SWa 或 STa 参考点传输。

在 UE 和 NH-MME 中的 EAP 层负责协商使用的 EAP 认证方法。UE 和 AAA 服务器之间成功的 EAP 认证将传送主会话密钥 (MSK), 并据此在 UE 和 NHN 之间建立常规 LTE 型安全性。在 NAS 和 AS 层使用与 PLMN 接入模式相同的方式建立 LTE 安全性。用于认证的协议栈如图 9 所示。

在 NHN 接入模式中, UE 对每个 NHN-PSP 对分别处理。对于每个这样的对, 需要分别建立安全上下文。UE 可存储多个 NHN-PSP 对的安全上下文, 并在重新连接一个 NHN-PSP 对时, 如果存储的该 NHN-PSP 对上

下文可用并有效, 则继续使用该 NHN-PSP 的上下文。每个 NHN 接入模式安全上下文独立于其他 NHN 接入模式安全上下文。另外, NHN 接入模式安全上下文独立于 PLMN 接入模式安全上下文。

成功认证后, 即已在 PSP 和 NHN 之间通过 AAA 接口完成了进行授权。NHN 和 PSP 之间的 AAA 接口也可用于交换授权会话的计费信息。

3.1.6 UE 的标识

在 NHN 接入模式中, 在 UE 和 PSP 的 EAP 层之间对 UE 进行标识。因此, 在 NAS 层的 UE 和 NHN 之间不使用永久用户识别码 (例如 IMSI)。当 NHN 接入模式 UE 连接到新的 NHN-PSP 对时, 在其发送到 NHN 的 NAS 层附着请求中使用公共预定义值作为 IMSI。使用此预定义 IMSI 值向网络显示 UE 正在附着 NHN 接入模式网络。当存在 NHN-PSP 对的安全上下文时, 临时 UE 标识符 GUTI (全局唯一临时标识符) 用于标识 NAS 信令中的 UE, 类似于 PLMN 接入模式中的识别方式。

3.1.7 在线注册 (OSU)

即使 UE 无所选 PSP 的有效许可, 也可能获准接入 NHN。NHN 接入模式可使用 OSU 系统向 MulteFire UE 提供许可。为了使用 OSU 终端需要有一个终端证书。

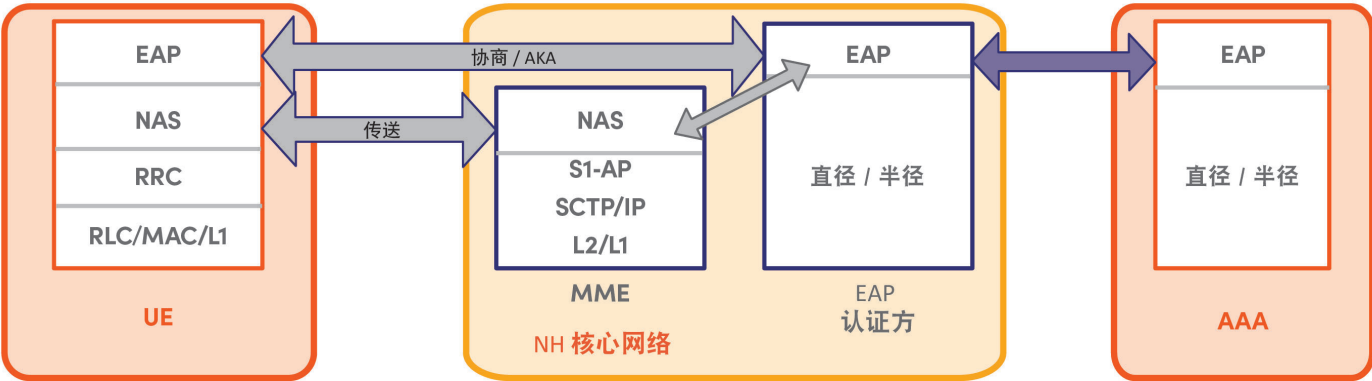


图 9. 用于 EAP 认证的 NHN 接入模式协议栈

在该 OSU 过程期间, UE 由 OSU 供应商使用终端证书认证, 随后 UE 连接到安全的 OSU 系统。安全连接用于签约 UE 并向 UE 提供所有需要的签约凭证。这些凭证可以是签约证书、用户 ID 和密码组合等。提供的签约凭证随后可用于重新连接 NHN 以获得正常服务。

4. 无线空中接口

MulteFire 建立在 3GPP 第 13 版 LAA 和第 14 版 eLAA 的关键设计特性上, 以允许独立运行。MulteFire 的详细功能将在以下章节中提供。其主要目标是根据单一全球解决场景框架、Wi-Fi、MulteFire 和 LAA 之间公平共存以及不同 MulteFire 网络之间的公平共存的设计标准, 为非授权频谱中的独立操作定义 LTE 增强功能。

MulteFire 区别于第 14 版 eLAA 设计的主要特征包括发现参考信号 (DRS) 即 3GPP 中的发现信号设计、初始接入支持、控制信道设计、无线链路监控 (RLM) 和非授权小基站之间的移动性, 以实现无需接入授权频段的独立操作。

MulteFire 与 LAA/eLAA、LTE-U、LWA 的对比

与 MulteFire 共享非授权频谱且特性不同的基于 LTE 的技术有多种: LAA/eLAA、LTE 非授权 (LTE-U) 和 LTE-WLAN 聚合 (LWA)。LAA/eLAA 在 Rel-13/Rel-14 期间标准化, 是锚定在授权频谱的基于 LTE 的非授权技术。LTE-U 基于 3GPP 第 12 版 LTE 技术, 并在非授权频谱中使用。LTE-U 使用自适应开/关占空比作为与现有 Wi-Fi 网络共享介质的机制, 并具有到 LAA/eLAA 的升级路径。相反, LWA 是作为 HM: 3GPP 第 13 版的一部分开发的, 通过双重连接实现 LTE 和 Wi-Fi 链路聚合。与 802.11n/ac 的 Wi-Fi 部署相比, 由于 LWA 采用了可靠的连接管理, 基于 LTE 的非授权技术可提供更好的用户体验, 从而提高了整体效率, 特别是对时延敏感应用的服务质量。

稳健锚定载波设计 - 发现参考信号 (DRS)

为实现可靠的同步, 从而提供稳健锚定载波, MulteFire 已对 DRS 进行了增强。与 LTE 相比, 此设计提高了每一 DRS 实例的采集可靠性, 并确保了系统信息的可靠传输。

DRS 的组成如下:

- 主要和次要同步信号 (PSS/SSS)
- MulteFire 主要和次要同步信号 (MulteFire-PSS/MulteFire-SSS)
- 小区特异性参考信号 (CRS)
- 可配置的信道状态信息参考信号 (CSI-RS),
- 通过 MulteFire PBCH (MulteFire-PBCH) 信道的主信息广播 (MIB-MulteFire)
- MulteFire 系统信息广播 (SIB-MulteFire)
- 服务小区 DMTC: 为了与非授权频段中的其他节点共存, 包括发现参考信号的所有下行链路传输均须通过 LBT 或空闲信道评估。由于 DRS 对于同步、系统信息采集和系统操作的其他关键方面至关重要, 因此定义了被称为服务小区 DRS 测量和时序配置窗口的传输窗口, 以增加 DRS 传输的概率。
 - 服务小区 DMTC 是 UE 预期从其服务小区接收 DRS 传输的周期性窗口, 如图 11 所示。
 - 与 3GPP Rel-13 LAA 类似, DMTC 内的 DRS 传输受限于 25 微秒的短持续时间的 LBT 操作, 而 DMTC 外 DRS 传输受限于延长的 CCA 操作。

机会 DRS:

除了 DMTC 外, 如果 eNB 成功通过这些子帧上的 eCCA, 则只允许在 SF0 上执行 DMTC 外的 DRS 机会传输。

- DMTC 周期为 40、80 或 160 ms, 并且可在长达 10 ms 的时间内配置, 在此期间 UE 预期接收 DRS 传输。

MulteFire 同步信号

(MulteFire-PSS/MulteFire-SSS):

在 Rel-13 LAA 使用的帧结构中, 在子帧的第七个 OFDM 符号上发送 PSS, 在第六个 OFDM 符号上发送 SSS。除了 Rel-13 LAA 同步信号, 即主要和次要同步信号, MulteFire DRS 还包括:

- 在第四个 OFDM 符号上传输的 MulteFire 主同步信号 (MulteFire-PSS)
- 在第三个 OFDM 符号上传输的 MulteFire 次要同步信号 (MulteFire-SSS)

MulteFire 同步信号在 DMTC 内的 DRS SF 上以及 DMTC 外的 SF0 上传输。MulteFire 同步信号有助于实现以下目标:

- 通过 MulteFire-PSS 和 MulteFire-SSS 进行额外其重复, 实现快速时序/频率同步和小区搜索。此外, MulteFire-PSS 序列在初始捕获期间能提供额外处理增益及在面对时钟频率偏移时提供额外稳健性。
- 由于有多个同步序列, 能更稳健的应对突发干扰。
- 此外, 签名 MulteFire-PSS/MulteFire-SSS 序列或可让 UE 区分 MulteFire eNB 与 LAA eNB。

除了初始捕获外, DRS 也可在移动时作为无线资源管理 (RRM) 程序的一部分用于相邻小区搜索。MulteFire -PSS/MulteFire-SSS 还可以提高 RRM 测量的可靠性。

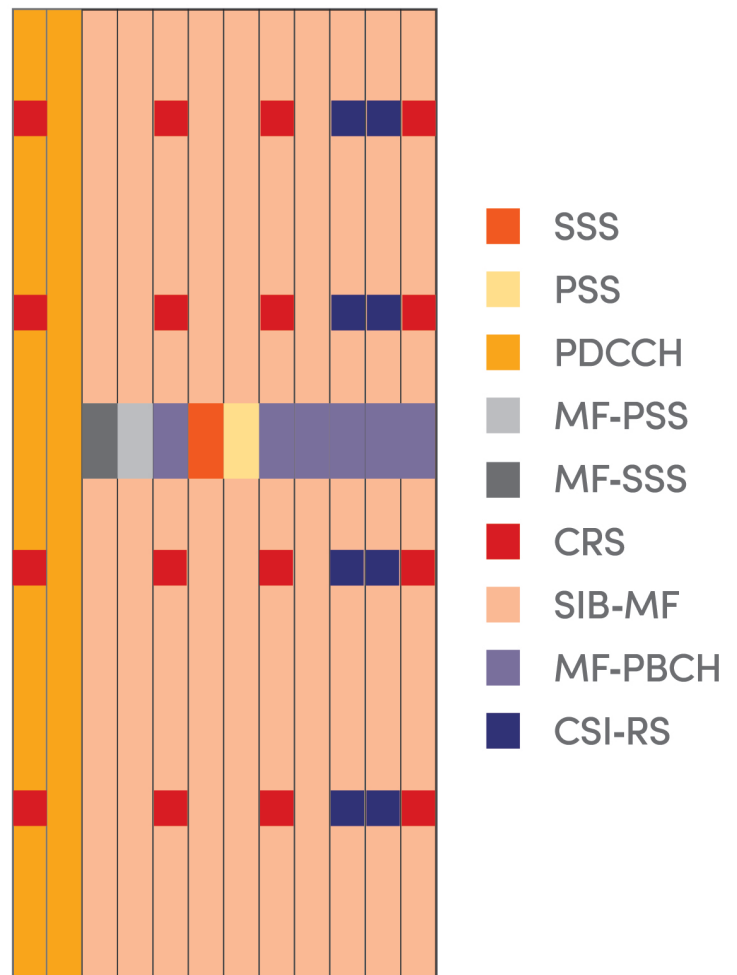


图 10. DRS 结构 (12 个符号示例)



图 11. 通过 PBCH 进行 DRS 及 SFN 指示的 DMTC 和机会传输

MulteFire 物理广播信道 (MulteFire-PBCH):

在 LTE 中, MIB 被承载于 PBCH 物理信道上。在 Rel-13 LAA 中, 此信息通过主要授权载波传输。在 MulteFire 中, 可能无法保证非授权频段中不同 PBCH 实例的传输。因此, 为了提高单次传输的解码可靠性, 采用 MulteFire 增强型 PBCH (MulteFire-PBCH) 传输增强型主信息块 (MIB-MulteFire)。

- 与使用四个 OFDM 符号的 Rel-8 PBCH 相比, MulteFire-PBCH 在六个 OFDM 符号 (即符号 4、7、8、9、10 和 11) 上传输。
- 服务小区 DMTC 内的 DRS 传输不必须发生在 SF0 或 SF5 上。为了在初始捕获期间解决子帧时序模糊的问题, MIB-MulteFire 中的三个比特指示 DMTC 内的当前 DRS 子帧的偏移, 称为子帧偏移指示符。
- MulteFire 系统信息块 (SIB-MF): SIB-MF 用于向 UE 传送系统信息, 并执行对于接入小区至关重要的 Rel-13 SIB1 和 SIB2 的功能。SIB-MF 作为 DRS 的一部分在 DMTC 内传输。另外, eNB 可以择机在 DMTC 外的 SF0 上传输 SIB-MF。SIB-MF 通过 PDSCH 传输发送。

信道接入过程

MulteFire 遵循用于通道接入程序的“先听后讲”(LBT) 原则。LBT 是一种无线发射器首先检测介质并仅在介质被检测为空闲时才发射的传输机制。

- MulteFire LBT 主要使用 3GPP 36.21³ 中描述的 3GPP LAA 和 eLAA LBT 机制作为基准, 从而确保与 Wi-Fi、LAA/eLAA 和其他 MulteFire 网络的公平共存。某些对于可靠的独立操作至关重要而在 LAA/eLAA 并未涵盖的, 将定义额外的规则 (例如上行控制信道)。
- 一般而言, DL 和 UL 数据信道传输遵循 LAA/eLAA 中定义的具有能量检测 (ED) 阈值的第 4 类 LBT。对不同流量类别的 QoS 支持沿袭自 LAA/eLAA。

信道接入” 优先级 (p)	M _p	CW _{最小值, p}	CW _{最大值, p}	T _{mcot, p}	允许的 CW _p 大小
1	2	3	7	2 ms	{3,7}
2	2	7	15	4 ms	{7,15}
3	3	15	1023	6 或 10 ms	{15,31,63,127, 255,511,1023}
4	7	15	1023	6 或 10 ms	{15,31,63,127, 255,511,1023}

表 1: LAA UL 类别 4 LBT 参数

- 与 LAA/eLAA 类似, DRS 可使用 25 us 单 CCA 传输, 因为它不频繁且对于独立运行至关重要。
- 根据最新的欧洲电信标准协会 (ETSI) BRAN 协调标准, MulteFire 还允许在完成前一 DL 传输之后的 16 μs 内在不进行 LBT 的情况下进行 UL 传输⁴。
- eNB 还可控制和配置用于 UL 控制信道 (如短 PUCCH) 和短 PRACH LBT 类型。

帧结构: 利用 LAA 并加以优化

4.1.1 动态 UL/DL 配置

为了动态适应上行链路 (UL) 和下行链路 (DL) 的流量变化, MulteFire 采用非常灵活的帧结构, 而不事先分配子帧作上行或下行之用。

eNB 通过公共物理层下行控制信道 (C-PDCCH) 来指示子帧是用于下行还是上行。C-PDCCH 指示存在于 DL 子帧中的 OFDM 符号的数量。此外, C-PDCCH 可在 UL 传输突发开始之前的至少两个子帧向用户告知 eNB 传输机会内存在 UL 传输突发。此类信令使得 UE 能够在 eNB 获取的传输机会中使用短的 25 us LBT 来使用被 eNB 调度的 UL 子帧。

MulteFire 支持在 eNB 传输机会内进行 UL 传输的调度。此外, MulteFire 还支持增强型 UL 调度机制, 缩短最终 UL 授权与 UE 传输开始之间的 UE 处理时间, 实

际上允许 eNB 在非常高的 DL/UL 和 UL/DL 比率之间灵活切换。因此, MulteFire 可实现比 TD-LTE 明显更高的 UL/DL 比率。

为提供周期性 UL 传输机会(例如用于随机接入和调度请求),还支持周期性的 UL 分配。然而,由于 UE 通常必须在 UL 传输之前执行 LBT,因而侦测到该信道不可用故此 eNB 可以通过 DL 传输撤销此类周期性 UL 分配。

利用 eLAA 的上行传输场景

4.1.2 用于 PUSCH、PUCCH、PRACH、SRS 的 B-IFDMA 波形

MulteFire 不仅需要按照 LBT 的要求,在非授权频谱范围内支持 UL 传输还定义了新 UL 波形的规范,以满足 ETSI 对 5GHz 频段监管要求。以上要求都需要重新设计以下信道的部份:用于传输 UL 数据的原有 LTE PUSCH、用于传输 UL 控制信息的 LTE PUCCH、用于在初始连接期间及切换时传输随机接入前导码的 LTE 物理层随机接入信道 (PRACH) 以及原有 LTE SRS 设计。

块交织 FDMA (B-IFDMA) 被选为基准上行传输场景。此选择能够保证 MulteFire 在 5 GHz 频段内实现 ETSI 监管要求,同时尽量保持与 3GPP LAA 设计的相似。B-IFDMA 设计适用于 PUSCH、PUCCH、PRACH 和 SRS。使用 B-IFDMA,一个载波被划分成 N 个交织单元(对于 20MHz 载波, $N = 10$; 对于 10MHz 载波, $N = 5$),每个交织单元由 M 个等间隔的物理层资源块组成 ($M = 10$, 对于 10MHz 和 20 MHz 载波)。MulteFire 当物理层设计仅支持 10 MHz 和 20 MHz 的载波带宽,不支持其他载波带宽。注意, eLAA 上行链路也使用相同波形进行 PUSCH 传输。

4.1.3 PUCCH/PRACH/SRS 高级设计

短 PUCCH:

引入了被称为 MulteFire 短 PUCCH (MulteFire-sPUCCH) 的新型 PUCCH 格式。在子帧的最后四个符号期间发送 MulteFire-sPUCCH, 其中,子帧的前 10 个符号不用于上行链路传输。在一般部署中, MulteFire-sPUCCH 在用于从 DL 切换到 UL 传输的结尾部分 DL 子帧中传输。MulteFire-sPUCCH 的优点是: 1) 提供了在 UL 传输突发开始时传输上行链路控制信息的机会,使得 eNB 无需为仅需发送上行链路控制信息的 UE 在 UL 传输突发期间创建 LBT 间隙,以及 2) 紧凑的 4 符号格式与持续整个子帧的一般控制信道相比可更有效地携带小控制净荷(例如, ACK/NACK 的更少)。

包含 MulteFire-sPUCCH 的子帧可通过较高层配置到 UE, 或可以由 UE 通过监视先前子帧中的 C-PDCCH 的内容来识别指示结尾的部分下行子帧。

扩展的 PUCCH:

与 LTE PUCCH 相比, MulteFire-sPUCCH 传输的持续时间有限, MulteFire-sPUCCH 格式仅支持用于传输上行链路控制信息的有限净荷。因此, MulteFire 系统还引入了 MulteFire-ePUCCH 格式。

MulteFire ePUCCH 在与 PUSCH 相同的子帧持续时间(例如, 12 至 14 个符号)和交织结构的上行链路子帧中发送。eNB 可以在相同的 UL 子帧中为 MulteFire-ePUCCH 和 PUSCH 调度不同的 UE。此时, MulteFire-ePUCCH 和 PUSCH 由相应的 UE 在不同的交织单元上传输。

如果 UE 从 eNB 接收到指示,则 UE 在分配的 MulteFire-ePUCCH 资源上传输上行链路控制信息。此类在 MulteFire ePUCCH 资源上传输的指示可使用 UL 授权或 C-PDCCH 来承载。在前一种情况下,由 eNB 动态调度 MulteFire-ePUCCH 资源。在后一种情况下, MulteFire ePUCCH 在预配置资源上传输。上行链路控制信息由 HARQ-ACK、信道状态信息 (CSI) 和调度请求 (SR) 组成。

PRACH:

对于小基站操作, PRACH 使用与 MulteFire-sPUCCH 相同的 B-IFDMA 波形和持续时间来传输。因此, 来自一个终端的 PRACH 前导码可以复用其他使用特定 MulteFire sPUCCH 格式的终端的传输。eNB 可以将 UL 子帧内的一个或多个配置为 PRACH 资源。

SRS:

传输 SRS 有两种选择。eNB 可触发伴随 PUSCH 传输的 SRS 传输, 此时, 对应的 UL 子帧的最后一个符号 (例如, 符合 13) 将承载 SRS。通过 UL 授权或 DL 授权, 将触发伴随 PUSCH 的非周期性 SRS 传输。eNB 还可以在与 MulteFire-sPUCCH 相同的物理资源上配置 SRS 传输, 此时, SRS 在子帧的最后四个符号中传输, 并可使用 MulteFire-sPUCCH 格式与其他 UL 传输进行复用。

4.1.4 上行调度和 HARQ 操作

MulteFire 中的 UL 调度框架保留了在 DL 中传输 UL 授权和相应的潜在 UL 传输之间相隔至少四个子帧的要求。但是, 与 TD-LTE 相比, MulteFire (与 eLAA 相同) 通过向 UE 指示额外的调度偏移/延迟, 在 UL 授权和 UL 传输之间引入更灵活的时序关系。它还通过多子帧调度使用单个 UL 授权, 使调度横跨多个 UL 子帧的 UL 传输成为可能。引入了两步调度方法, eNB 首先向 UE 提供初始 UL 授权, 然后 eNB 使用 C-PDCCH 信令来触发 UL 传输。这种增强的 UL 调度灵活性实际上实现了高度自适应的 UL/DL 配置, 这在受 LBT 约束的非授权频谱中操作时很有必要。

对于 DL HARQ 操作, LTE 中的最低要求同样适用。这意味着在 PDCCH/EPDCCH 上接收到 DL 分配和给定子帧 “n” 中相关联的 PDSCH 后, UE 须准备好在子帧

“n + 4” 中传输的相关 HARQ-ACK 反馈。但是, 与 LTE 不同, 由于 MulteFire 帧结构更具灵活性, HARQ-ACK 反馈的传输时序并不具有确定性。UE 在出现最早上行链路传输机会 (在 “n + 4” 约束之后), 即有可用的上行链路控制信息传输资源时, 传输等待的 HARQ-ACK 信息。该上行链路传输机会根据用于 UE 的 MulteFire-sPUCCH、MulteFire-ePUCCH 或 PUSCH 资源的可用性来确定。

由于在 DL 传输及其对应的 HARQ-ACK 信息的时间之间没有确定的时序关系, 所以使用位图中的索引和 HARQ 进程 ID 之间的隐含关联在位图中传输所有 HARQ 进程的 HARQ-ACK 反馈。

在 MulteFire 中, 与 eLAA 相同, 不支持 UL 中的非自适应 HARQ 操作。UL 传输仅以异步方式支持 HARQ 操作。任何上行传输, 不论是新的还是重传, 都经由通过 PDCCH/EPDCCH 的 UL 授权调度。

关键过程

与 LAA/eLAA 不同, 由于带有在非授权频谱中独立部署的要求, MulteFire 需要支持随机接入、移动性和寻呼等关键过程。然而, 由于受 LBT 约束, 非授权频谱的传输性质不同, 需要对原有 LTE 过程进行一些修改。

4.1.5 随机接入过程

MulteFire 中的随机接入过程是基于为 LTE 规定的四步随机接入过程。在 MulteFire 中的随机接入期间, UE 和 eNB 应为接入步骤中的每一步传输执行信道接入过程。为了应对 LBT 的影响, 当 UL 中未能通过 LBT 时, UE 不会增加前导码计数器读数。另外, 增加了随机接入响应窗的最大可配置长度, 以便应付由 DL LBT 引起的 eNB 响应延迟。

4.1.6 移动性和 RRM 测量

支持 MulteFire 内部移动性及 LTE 和 MulteFire 之间的移动性都支持 — 但对后者仅在 PLMN 接入模式下运行时支持。

移动管理遵循与 LTE 相同的原则, 包括对同步、松散同步和非同步网络的支持。与 LTE Rel-13 LAA 类似, RRM 测量基于来自相邻小区的 DRS 传输, UE 根据网络提供的 DMTC 执行。但是, MulteFire 对为 LAA 指定的 DMTC 和测量间隙框架做了一些修改, 主要是为了应对潜在非同步相邻小区的情况, 因为服务小区不一定知道其 DRS 传输时序。

4.1.7 寻呼

在 MulteFire 中, 基础的 LTE 寻呼过程被重用, 并且通过将寻呼机会扩展到寻呼机会窗口以作增强, 使得由于 LBT 失败而导致信道暂不可接入时, 能够在调度寻呼消息的过程中为 eNB 提供更好的灵活性。

5. 性能评估

性能与频谱共享

5.1.1 评估方法

MulteFire 的系统级性能评估方法紧密遵循 3GPP [TR 36889]⁵ 中的 LAA 评估所使用的方法。共有三重目标: 首先, 根据 MulteFire 的 PHY 功能和 MAC 功能评估系统性能, 并和同样部署的 Wi-Fi 性能进行对比; 第二, 评估共存, 例如在两种类型的节点 Wi-Fi STA 和 AP 以及 MulteFire eNB 和 UE 共存的非授权信道中的网络性能, 并试验接入媒介的 LBT 机制; 第三, 使用此等评估来确定进一步提高性能所须的 MulteFire 的设计改善, 以进一步提高性能所须的。在本节的剩余部分, 我们使用“小基站”来描述 AP/MulteFire eNB 并使用终端来描述 STA 和 MulteFire UE。

一般方法假设存在两个运营商 (OP1 和 OP2), 他们在重叠区域内的 20MHz 非授权信道中部署小基站, 服务已预先选定运营商的 UE。评估的两个场景是室外集群场景 (图 12) 和室内热点场景 (图 13)。

在室外集群场景中 (参见图 12), 有 21 个由八个小基站组成的集群, 每个运营商负责四个小基站, 以七小区六边形布局放置, 并采用消除边缘效应的环境式处理机制。

每个运营商每个集群放置 10 个激活的室外 UE。节点位置、天线方向图、发射功率和路径损耗模型的详细假设遵循 [TR36889] 中室外场景的假设, 并如表 2 所示。同样地, 对于室内热点场景, 每个运营商的四个小基站被系统地放置在图 13 所示的建筑物 (热点) 中, 并且对每个运营商在室内放置 16 个激活 UE。上述当中假设遵循 [TR36889], 并在表 2 中列出。所有 UE 都被假设选择相应运营商中信号最强小区作为服务小区。

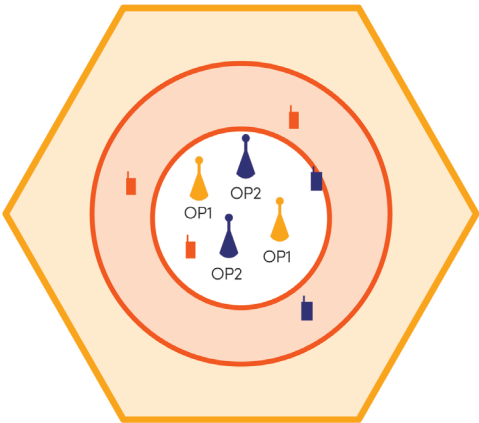


图 12. 六角形宏基站区域中室外小基站集群。八个小基站中有四个被描绘。

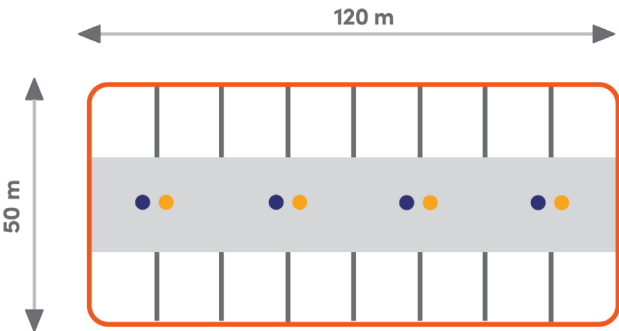


图 13. 建筑物内的热点模型。蓝点和黄点分别表示属于运营商 1 和 2 的小基站 [TR36899]

用于评估的流量模型是 FTP 第三类模型 [TR36889], 其中 UE 正在下载和上传固定大小的文件。下载 (在 eNB 处的 DL 流量) 和上传 (在 UE 的 UL 流量) 文件的到达相互独立并遵循泊松过程。文件传送所用的时间会被记录, 并用作计算用户感知吞吐量 (UPT), 亦称突发速率。每个 UE 的平均 UPT 将被记录。

三种不同的部署场景被评估:

- 1. “W+W”: OP1 和 OP2 均部署 Wi-Fi 节点
- 2. “W+M”: Op1 部署 Wi-Fi, OP2 部署 MulteFire
- 3. “M + M”: OP1 和 OP2 均部署 MulteFire 节点。

表 2. 性能评估的主要假设

类别	模型	描述
部署	系统带宽	20 MHz
	载波频率	5 GHz
室内布局	布局和路径损耗模型: 室内	遵循 3GPP TR36.889, 表 A.1.1
	UE	每个建筑每个运营商 20 个室内用户
室外布局	布局和路径损耗模型: 室外	遵循 3GPP TR36.889, 表 A.1.2
	UE	每个群集每个运营商 20 个室外用户
流量模型	FTP 模型 3 (非自适应泊松到达), 文件大小为 4 Mb	
	80:20 DL: UL 流量比	
	间到率	不定
Wi-Fi	技术	802.11ac
	Wi-Fi TXOP	4 ms
	LBT	CAT4 eCCA: 9 us 时隙, 指数退避计数器 {0, CW}, 其中 CW {15,31,63}
	能量检测阈值	-72 dBm
MulteFire	MulteFire MAC	
	MulteFire TXOP	
	能量检测阈值	-72 dBm
LBT	eNB: CAT4 eCCA: 9 us 时隙, 指数退避计数器 {0, CW}, 其中 CW {15,31,63} UE: 25 us 单次 CCA	

以 “W + W” 场景为基准, 通过系统级仿真评估了不同部署场景的 UPT 增益, 其中包括不同流量负载情况下的平均吞吐量增益和 10% 边界用户的吞吐量增益。

结果以相对于基准 “W + W”— 例如两个 Wi-Fi 运营商— 场景, 每个场景的平均 DL/UL 用户感知吞吐量 (例如, 突发速率) 增益的形式呈现。

与 Wi-Fi 共享频谱: 共存和性能

室外部署

图 14 和 15 分别给出了不同室外部署场景和不同流量负载的 DL 和 UL 性能。对于基准 W+W 场景, 流量负载大致被划分为低、中和高三类, 对应平均缓冲器占用率 (DL + UL) 分别为小于 15%、15-50% 和 50% 以上。来自三家不同来源公司的结果都会被显示。虽然所有来源的一般仿真假设相似, 如表 2 所列, 由于在速率控制 Wi-Fi 和 MulteFire 链路建模, 等其他方面的差异, 得出的性能 (尤其是 Wi-Fi 性能) 可能会有所不同。请注意, 来源 1 和来源 3 的结果假设 Wi-Fi 未使用 RTS/CTS, 而来源 2 的结果则假设 Wi-Fi 使用 RTS/CTS。

1) 对于每个用户, 每个文件传递的速率会被计算, 并将传递的所有文件的平均值标为 UPT。统计平均用户体验吞吐量和 10% 边界用户体验吞吐量用于计算相对于基准 Wi-Fi + Wi-Fi 场景的性能增益。

将“W + M”场景中的 MulteFire 和 Wi-Fi 运营商性能对比“W + W”场景, 可得出以下关键结论:

- MulteFire 在 DL 和 UL 的增益分别是基准“W + W”中的 1.5-4 倍和 1-1.7 倍, 流量负载越高, 增益越大。
 - MulteFire 增益可归功于由更好的链路曲线(例如, 由于信道估计, HARQ)和速率适配而实现的更好链路效率。
 - 通常负载越高, 增益越高, 这表明 MulteFire 可以更好地处理更高的负载。随着负载的增加, 由于媒介竞争更多, Wi-Fi 基准性能下降。MulteFire 提供更好的链接和透过调度接入而减少竞争, 因此表现更好。
- 关于共存, 比较“W + M”与“W + W”中的 Wi-Fi 性能, 用 MulteFire (邻居) 运营商替换 Wi-Fi (邻居) 运营商可提高 Wi-Fi 运营商性能。DL 中增益幅度为 1.5-4 倍, 在 UL 中为 1.1-1.8 倍, 在某些情况下, 负载越高, 增益较高。
 - MulteFire LBT 设计, 主要沿袭 3GPP LAA/eLAA LBT 设计, 确保与 Wi-Fi 的良好共存。
 - 此外, 通过引入具有更好的链路效率的 MulteFire, 减少了网络中的整体干扰, 这有利于 Wi-Fi。从这一角度看, MulteFire 的链路效率具有复合效应。例如, MulteFire 运营商不仅可以更快地传送数据包, 而且减少了干扰, 从而让其他节点达到更高的数据速率。
- “W + M”场景中 MulteFire 性能与 Wi-Fi 性能的对比:
 - 在 DL 中, MulteFire 比起已经改进的 Wi-Fi 运营商性能还有 1.5-2 倍的增益。
 - 在 UL 中, 尽管 MulteFire 的性能明显优于“W+W”场景下的 Wi-Fi 性能, 但在“W + M”场景中, MulteFire 的性能与 Wi-Fi 相当。在某些情况下, MulteFire 的增益低于 Wi-Fi 增益, 主要是因为使用基于竞争的接入的 Wi-Fi 相比使用预定接入的 MulteFire, 占用媒介的份额更高。使用预定接入, 对于 UL 传输, eNB 和 UE 双方都必须在 MulteFire 中竞争并赢得媒介。对于 Wi-Fi, 只有 UE 需要竞争媒介, 因此在某些场景中, MulteFire UL 得到的媒介资源可能不足。通过启用“自主 UL”操作(例如, 类似于 Wi-Fi, MulteFire UE 可进行竞争并在赢得媒介时传输), 可以提高 MulteFire UL 性能。自主 UL 针对预定会被包括在 MulteFire 1.1 规范中, 以进一步提高 MulteFire 性能。

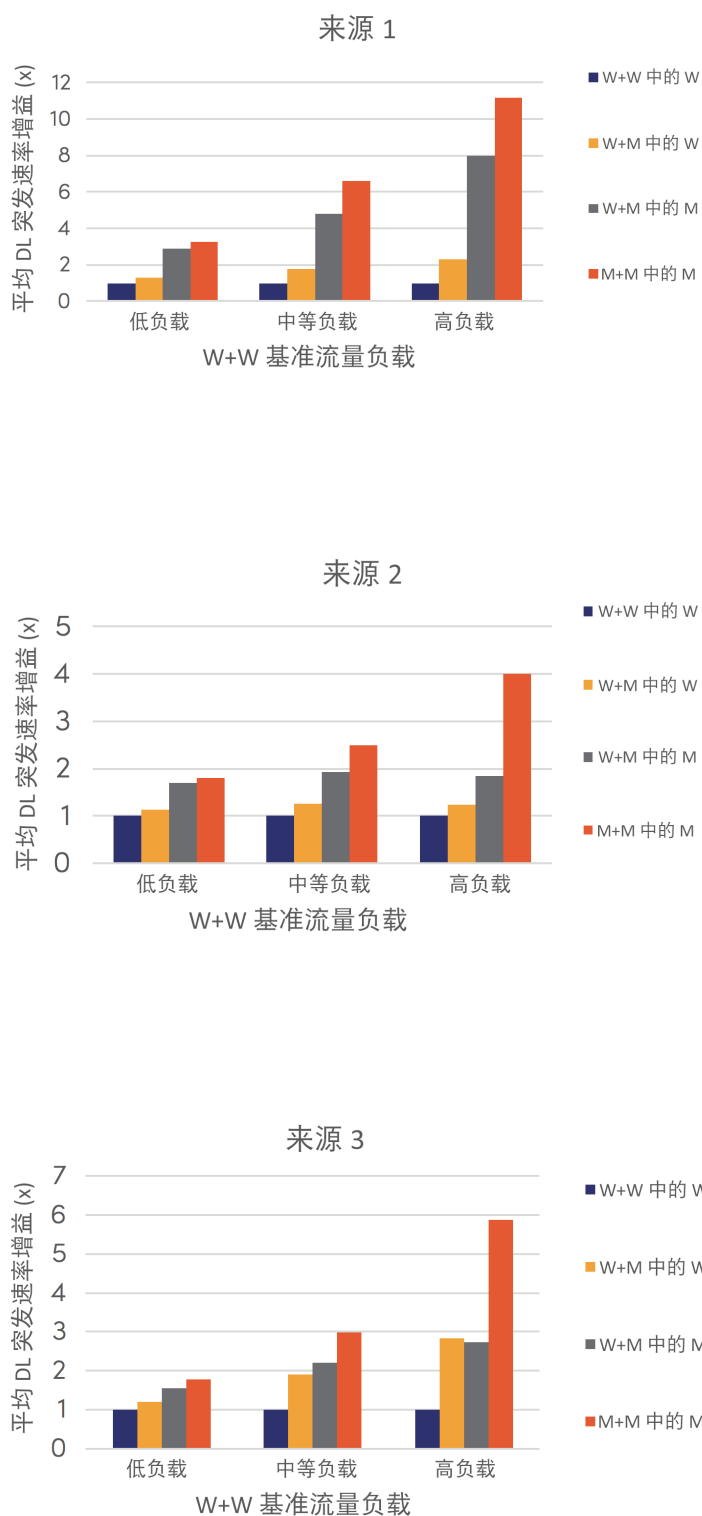


图 14. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室外部署场景的 DL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi 基准部署 (即场景 (x) 中的 UPT/ W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲器占用率 (BO) 来表征不同的流量负载, 低负载: BO < 15%, 中等负载: 15 < BO < 50%, 高负载: BO > 50%。

室内部署

图 16 和 17 分别提供不同室内部署场景和不同流量负载的 DL 和 UL 性能。

与室外场景类似, MulteFire 与 Wi-Fi 共存, 甚至由于 MulteFire 的链路效率更好, 让 Wi-Fi 达到更高的数据速率。与“W + W”基准场景中的 Wi-Fi 相比, MulteFire 在 DL 中提供 1.5-4 倍的增益, 在 UL 上提供 1-1.5 倍的增益。

与室外场景相反, MulteFire UL 在室内场景中占用媒介资源不足的问题更加突出, 这一点通过 MulteFire 与 Wi-Fi 在“W+M”场景中相比, 不存在增益或增益较低的事实得以证明。在室内场景中, 数个 eNB/UE 处于彼此的 ED 范围内, 因此与室外场景相比, Wi-Fi UE 的媒介竞争会更显著地减少 MulteFire UL 传输的媒介接入。MulteFire UL 性能可以通过启用自主 UL 传输进一步提高, 此设计上的增强预计在下一版本的 MulteFire 规范将被引进。另外值得注意的是, 可通过降低 DL 性能提高 UL 性能。例如, 来源 1 的结果显示, 相比“W + W”和“W + M”场景中的 Wi-Fi, DL 中的 MulteFire 均有显著增益, 但 MulteFire 相比“W + M”场景中的 Wi-Fi 未显示增益。通过在 Tx 突发内更适当地适配 TDD 配置 (例如, 提高 UL 的比重), 或可降低 DL 增益以获得更好的 UL 性能。

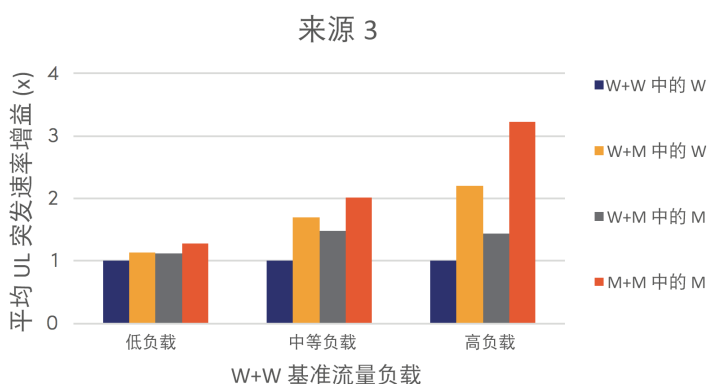
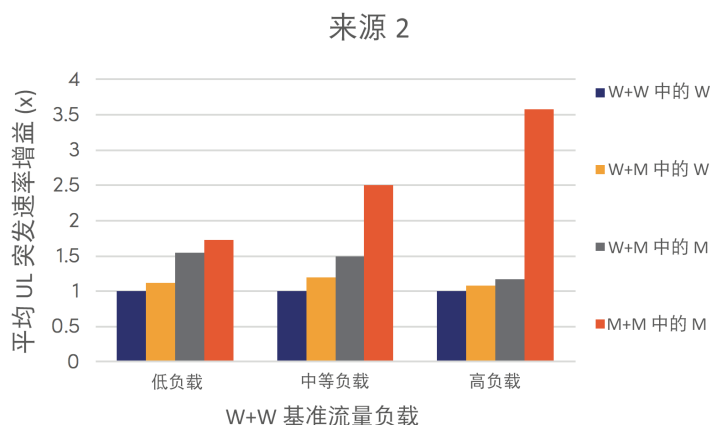
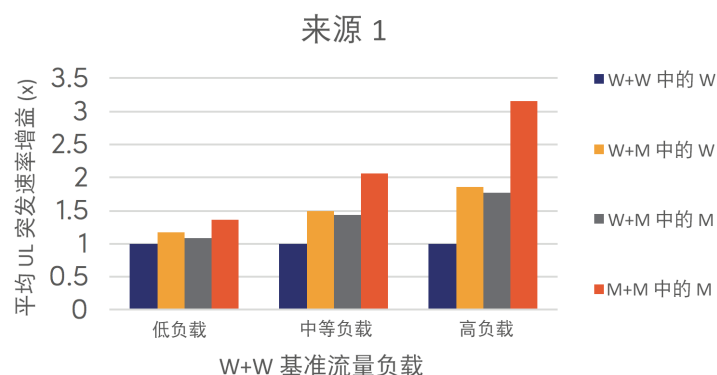


图 15. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室外部署场景的 UL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi 基准部署 (即场景 (x) 中的 $UPT / W + W$ 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲器占用率 (BO) 来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

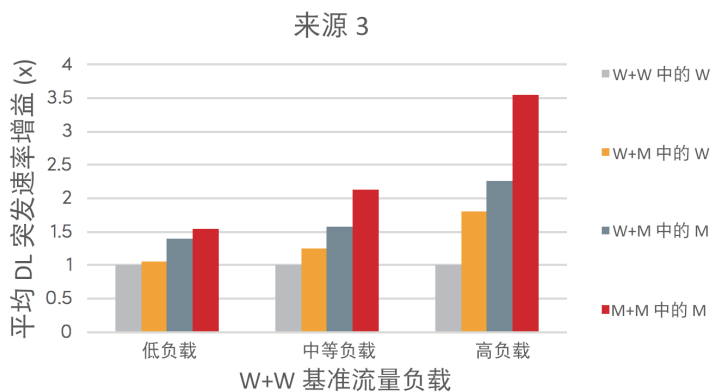
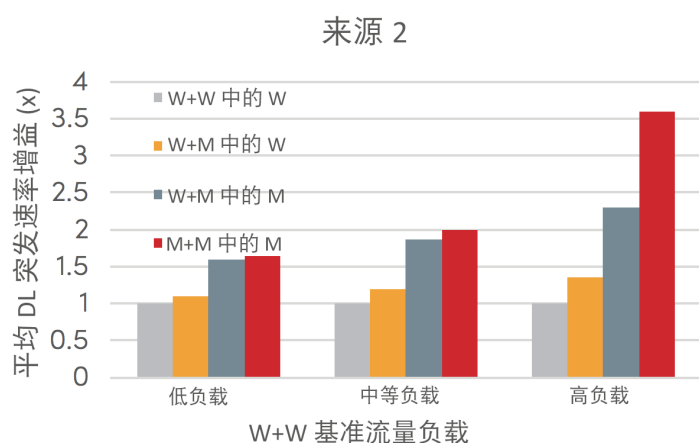
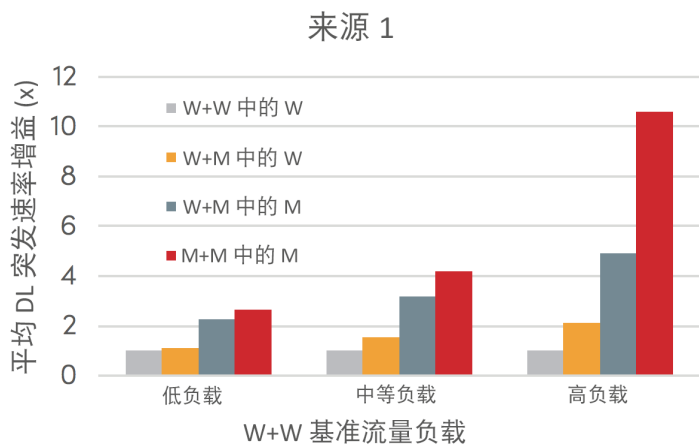


图 16. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室内部署场景的 DL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi (W+W) 基准部署 (即场景(x) 中的 UPT / W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲器占用率 (BO) 来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

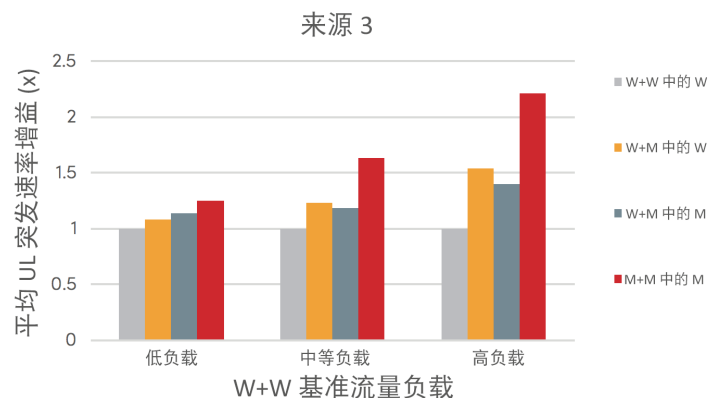
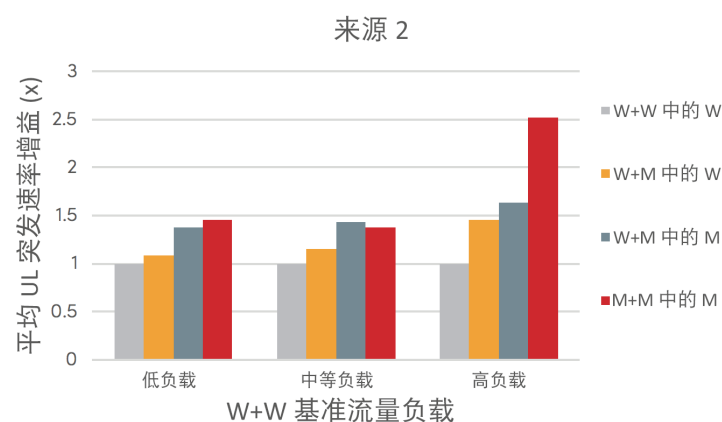
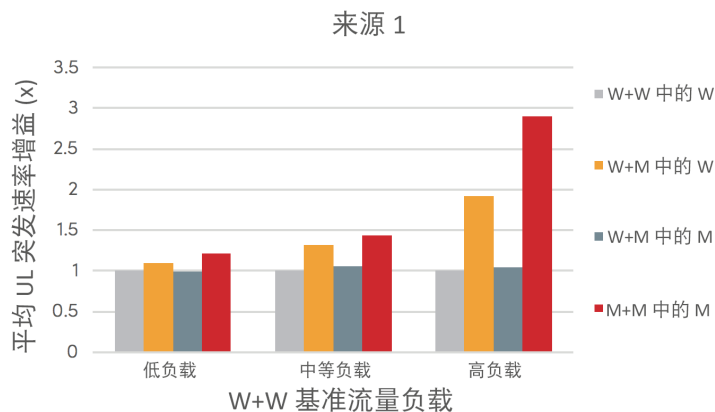


图 17. (上方) 来源 1, (中间) 来源 2, (底部) 来源 3: 不同室内部署场景的 UL 平均突发速率增益。增益与双运营商 Wi-Fi 基准部署 (即场景(x) 中的 UPT / W + W 场景中的 UPT) 有关。对于基准 W + W 场景, 基于 DL + UL 缓冲器占用率来表征不同的流量负载, 低负载: $BO < 15\%$, 中等负载: $15 < BO < 50\%$, 高负载: $BO > 50\%$ 。

共享与独立部署中的性能

在上一节中, 我们比较了 MulteFire 和 Wi-Fi 在 MulteFire + Wi-Fi 混合部署场景中的性能。图 14、15、16 和 17 还提供了两家仅使用 MulteFire 部署场景的运营商的 DL 及 UL 性能。如图所示, 不论室内或室外, MulteFire + MulteFire 部署中的 DL 和 UL 性能均显著优于 Wi-Fi+Wi-Fi 部署。相比“W+W”, 在“M+M”中, 由于两家 MulteFire 运营商均采用调度接入, 其链路效率较高而竞争度较低。这显著改善了干扰问题, 并带来更高的频谱效益, 从而实现了用户体验的高增益。值得注意的是, 相对于“W + W”基准, “M + M”场景 DL 及 UL 增益在高流量负载下最高。这表明 MulteFire 可处理高数据需求, 从而使其成为密集场所和公共热点类型部署的理想之选。

6. 结论

拥有和运行使用非授权频谱的 MulteFire 网络具有许多优势, 无论是作为独立网络部署还是与现有移动网络互通均是如此。MulteFire 提供安全、无缝的服务, 可作为中立宿主网络, 提供 VoLTE、高速移动宽带和 LBT, 完全具有类似 LTE 性能。此外, 它像 Wi-Fi 一样简单, 这使其成为任何组织的强大工具, 而不须要聘用实施方面的专家。

MulteFire 可以在任何地方运行, 即使在拥塞的 Wi-Fi 和 LTE 环境中也不例外, 因为它们可以共存和重叠。它可以根据需要在小基站之间无缝切换, 为用户提供更好的移动性, 并确保用户随时获取信息。当用户离开 MulteFire 网络区域时, MulteFire 与外部移动网络互通以提供服务连续性。

此外, 还有许多行业需要以无处不在的覆盖范围, 提供高可靠性、安全性和海量连接。MulteFire 将为包括宽带和物联网在内的垂直场景中的未来智能连接奠定坚实的基础。第一个规范版本 1.0 版证明了在非授权和共享频谱中部署蜂窝技术的优点。MulteFire 1.1 版预计将于 2017 年底发布, 具有多项新功能, 从覆盖范围、频谱效率、移动性、共享频谱等方面做进一步的增强, 并引入优化的物联网接入功能。展望未来, 通过逐步增强新的功能, MulteFire 系统将扩展到更丰富的应用场景、更多样化的服务和更多的频谱。

MulteFire 是一种真正的新无线方式。

7. 参考资料

- [1] 3GPP 第 13 版
- [2] 3GPP 第 14 版
- [3] 3GPP 36.213: 地面无线接入 (E-UTRA); 物理层程序
- [4] 欧洲电信标准协会 (ETSI) BRAN 协调标准
- [5] 3GPP 36.889: 授权协助接入非授权频谱的可行性研究

术语表

3GPP – 第三代合作伙伴计划	OSU – 在线注册
AAA – 认证、授权与计费	PCC – 策略与计费控制
B-IFDMA – 块交错 FDMA	PGW – 分组数据网关
BO – 缓冲器占用率	PLMN – 公共陆地移动网络
CAT4 – 第 4 类	PRACH – 物理随机接入信道
CBRS – 公民宽带无线服务	PSP – 参与的服务供应商
CCA – 空闲信道评估	PSS/SSS – 主要和次要同步信号
C-PDCCH – 共同物理下行链路控制信道	PUCCH – 物理上行链路控制信道
CSI – 信道状态信息	PUSCH – 物理上行链路共享信道
CWS – 竞争窗大小	QCI – QoS 类标识符
DAS – 分布式天线系统	QoE – 体验质量
DL – 下行链路	QoS – 服务质量
DMTC – DRS 测量时序配置	RAN – 无线接入网
DRS – 发现参考信号	RAT – 无线接入技术
DTxW – 不连续传输	RLM – 无线链路监控
EAP – 可扩展认证协议	RRC – 无线资源控制
EAP-TLS – 可扩展认证协议-传输层安全性	RRM – 无线资源管理
EAP-TTLS – 可扩展认证协议-隧道传输层安全性	S1 – eNodeB 与核心网 (CN) 之间的接口
ECP – eNB 信道处理器	S1-MME – E-UTRAN 和 MME 之间控制平面协议参考点
ED – 能量检测	S1-U – 交换期间 E-UTRAN 与服务网关之间每个承载用户平面隧道和 eNodeB 间路径切换的参考点。
eDRS – 增强型发现参考信号	S2a – 为用户平面提供可信非 3GPP IP 接入和网关之间相关控制和移动性支持的参考点
eLAA – 增强型授权辅助接入	SF0 – 子框架 0
eNB – eNodeB	SGW – 服务网关
EPC – 演进的分组核心网	SIB1 – 系统信息块 1
ePDG – 演进的分组数据网关	SIB2 – 系统信息块 2
ePUCCH – 扩展 PUCCH	sPUCCH – 短物理上行链路控制信道
ETSI – 欧洲电信标准学会	SR – 调度请求
E-UTRAN – 演进的 UTRAN	SRS – 探测参考信号
GUTI – 全球唯一临时标识符	STa – 将非信任非 3GPP IP 接入与 3GPP AAA 服务器/代理连接, 并以安全方式传输接入认证、授权和计费相关信息的参考点
HARQ – 混合自动重传请求	SWa – 将受信任非 3GPP IP 接入与 3GPP AAA 服务器/代理连接, 并以安全方式传输接入认证、授权、移动性参数和计费相关信息的参考点
HSS – 归属用户服务器	SWu – UE 和 ePDG 之间的参考点, 支持 IPSec 隧道的处理。
IMSI – 国际移动用户识别码	TAC – 跟踪区号
IoT – 物联网	TWAG – 可信无线接入网关
IPSec – IP 安全	UCI – 上行链路控制信息
LAA – 授权辅助接入	UE – 用户设备
LBT – 先听后讲	UL – 上行链路
MCOT – 最大信道占用时间	UPT – 用户感知吞吐量
MIB – 主信息块	USIM – 通用用户识别模块
MME – 移动管理实体	VoLTE – LTE 语音
MNO – 移动网络运营商	
MSK – 主会话密钥	
MVNO – 移动虚拟网络运营商	
NAS – 非接入层	
NHN – 中立宿主网络	
NHN-ID – 中立宿主网络识别码	
OFDM – 正交频分复用	



MulteFire Alliance | 5177 Brandin Court, Fremont, CA 94538
电话: +1 510.492.4026 | 传真: +1 510.492.400
info@multefire.org | www.multefire.org