

5G-Advanced 技术优势深度解析

■ 文/Ian Fogg
CCS Insight网络创新总监



对于未持续关注移动通信行业的人而言,或许会意外地发现 5G 技术已悄然发展到中期阶段。事实上, 5G-Advanced 的发布就标志着整个 5G 标准体系的分水岭。国际标准组织 3GPP 每隔数年便会推出新一代技术规范。首个 5G 标准为 Rel-15, 而随着去年 5G-Advanced 的发布, 我们现已迈入 Rel-18 阶段。

作为 5G 后半阶段的核心技术统称, 5G-Advanced 不仅拥有专属标识, 更成为运营商重塑 5G 服务定位的关键里程碑。运营商选择部署 Rel-18 标准的 5G-Advanced, 主要基于以下三大动因:

1. 开拓新型服务: 支持更小频谱的信道部署, 推出的 RedCap (轻量化 5G) 产品将替代传统 4G 窄带物联网 (如 NB-IoT), 并强化高精度定位功能。
2. 优化现有服务: 通过网络切片与非地面网络 (NTN) 提



“相较于扩展现实，AI 为运营商部署和推广 5G-Advanced 提供了更为切实可行的理由。视觉 AI 工具从摄像头采集图像后上传至云端，由云 AI 迅速分析，并与地图及用户周边环境的其他数据进行交叉比对。这一过程对低延迟有着严格要求，尤为关键的是，需要始终保持高速的上传速度，以确保高分辨率图像能够及时传输至云端。”

升服务灵活性，同时探索移动扩展现实(XR)与云端AI的深度融合潜力。

3. 提升网络效能：Rel-18 有助改善覆盖范围与上行链路性能，尤其在小区边缘或高速移动列车等场景中，并且还有望降低网络能耗。

运营商若需部署 5G-Advanced，必须已建成 5G 核心网并支持独立组网(SA)。据 CCS Insight 观察，2024 年全球 5G SA 部署再度加速，原因在于运营商普遍认识到 5G-Advanced 相比非独立组网(NSA)的显著优势。可以预见，所有已布局 5G SA 的运营商最终都将转向 5G-Advanced。

截至 2024 年 11 月，全球 63 个市场的 151 家运营商正投资 5G SA，占 5G 投资运营商总数的 31%，其中 30 家已进入实际部署阶段。各地区代表运营商包括：

· 亚太：迪托（菲律宾）、香港电讯、KDDI（日本）、M1（新加坡）、澳都斯（澳大利亚）、NTT 都科摩（日本）、新加坡电信、Smart（菲律宾）、星和（新加坡）、台湾大哥大、澳洲电信（澳大利亚）以及 TPG（澳大利亚）；

· 中国：中国移动、中国电信和中国联通；

· 欧洲：奥地利 Three、德国电信、Elisa（芬兰）、法国 Free、Cosmote（希腊）、NOS（葡萄牙）、西班牙 Orange、TDC（丹麦）、西班牙 Telefonica、芬兰 TeliaSonera、英国 Virgin Media O2、德国和英国的沃达丰以及匈牙利的 Yettel；

· 中东和非洲：e&（阿联酋）、du（阿联酋）、Rain（南非）、沙特电信（沙特阿拉伯、科威特、巴林）和 Zain（沙特阿拉伯）；

· 北美：美国电话电报公司（AT&T）、Boost Mobile（美国）、T-Mobile（美国）、罗杰斯（加拿大）、美国蜂窝电信和威瑞森（美国）；

· 南亚：Jio（印度）；

· 中南美洲：Claro（巴西）、阿根廷电信、Vivo（巴西）和 TIM（巴西）。

以下将针对 5G-Advanced 的核心功能及其对运营商的价值展开分析。需注意的是，公共网络运营商与专用 5G 网络（如工业场景）的受益阶段和程度可能有所差异。

一、5G-Advanced 激活物联网市场潜力

在 Rel-18 标准发布前，5G 技术要求信道尺寸至少为 5MHz。对于复用 4G 频段或专门分配给 5G 使用的新频谱而言，这并非难题。但在低频段频谱应用场景中，特别是物联网领域，分配的频谱量往往较小，致使 5G 难以成为可行选项。美国的智能电网就是典型案例，此外，GSM-R 用于铁路通信的常见 3MHz 信道也是如此。然而，

5G-Advanced 打破了这一限制，为 5G 成为可行的升级路径扫清了障碍。

此外，RedCap 借助 5G-Advanced 能够开拓新的市场空间。虽然 RedCap 产品在 Rel-17 时就已问世，不过当时其主要面向宽带服务。在 5G-Advanced 阶段，RedCap 模块能够更加精简、成本更低，以瞄准要求更低的物联网领域，并有望取代 NB-IoT。

二、网络切片与 NTN 的协同增强

5G-Advanced 提升了运营商管理网络切片的灵活性，使其能够依据特定应用进行定制化操作，比如针对增强现实应用或自动驾驶汽车场景。从长远来看，切片改进所带来的优势将依赖于跨运营商的切片能力，而实现这一目标需要每个运营商都部署 5G-Advanced 或完成 NTN 集成。

同时，资源编排技术能根据实时流量动态地调整切片资源分配，并涵盖核心网、传输网与接入网等领域，这将有效提升网络利用率。短期切片（如大型活动保障）的快速部署能力也将大幅增强。

三、AI 取代 XR，成为 5G-Advanced 核心驱动力

长期以来，网络运营商和技术专家都将 5G 视作支持扩展现实（XR）应用的理想网络。在 2016 年至 2018 年期间的诸多早期 5G 演示中，VR 头盔频繁亮相。然而，VR 的使用场景极为受限，仅能在 Wi-Fi 信号良好的单一位置实现。即便时过境迁，至今仍未出现广泛普及的 5G VR 头盔，它们依旧依赖 Wi-Fi 运行。

SK 电讯近期关闭其 VR 元宇宙服务便是这一趋势的有力例证。2024 年 12 月，该公司宣布停止接纳新客户，并计划于 2025 年 3 月关闭其 Ifland 服务。与之形成鲜明对比的是，作为全球电信 AI 联盟的核心成员，SK 电讯在 AI 驱动服务领域持续发力，积极推进一系列相关业务。

智能眼镜则有所不同，鉴于其轻便且完全移动的特性，需在无 Wi-Fi 覆盖的环境下仍能正常工作。当前，智能眼镜依赖配套智能手机运行，这远非理想状态。但由于现阶段智能眼镜的硬件制造面临着重重挑战，致使其并非运营商近期部署 5G-Advanced 的主要动机。以现有设备为例，

如 XReal 的 Air2 有屏幕却无摄像头，而雷朋 Meta 有摄像头却无屏幕。若要同时集成这两个组件，并确保足够的板载计算能力和充足的电池续航，设备体积将过大，难以作为移动产品推向市场，苹果的 Vision Pro 便是此类设计的前沿探索。

相较于扩展现实，AI 为运营商部署和推广 5G-Advanced 提供了更为切实可行的理由。视觉 AI 工具从摄像头采集图像后上传至云端，由云 AI 迅速分析，并与地图及用户周边环境的其他数据进行交叉比对。这一过程对低延迟有着严格要求，尤为关键的是，需要始终保持高速的上传速度，以确保高分辨率图像能够及时传输至云端。

Rel-18 对上行链路连接的大规模 MIMO 技术进行了优化改进，有效提升了频谱效率和波束成形精度。在小区边缘等复杂环境下，其改善效果更为显著。同时，在延迟方面的增强措施也为上行链路性能带来积极影响，例如优化后的调度机制可降低拥塞对吞吐量的干扰，而更具确定性的通信方式则进一步提升了低延迟可靠性。

四、专用网络的精准定位与定时革新

5G 网络的良好性能依赖于精确的定位技术，并且它还具备向客户端设备传递定时信息的能力。在 5G-Advanced 阶段，即便卫星服务出现中断情况，网络依然能够维持定时功能，其借助地面原子钟和经光纤链路中继的定时信号来实现这一点。这无疑是一个重大机遇。当前，全球已有 737 家公司着手部署 5G 专用网络。

众多专用网络部署于室内环境，比如智能工厂或仓库等场所，在这些地方自动化机械由 5G 网络进行管理。通常而言，这些场景对精确的定时和定位有着较高要求，而卫星信号在室内无法穿透。5G-Advanced 提供了更为强大的定位功能，其精度目标小于 10 厘米。鉴于专用 5G 网络大多为新建项目，5G-Advanced 很快会成为此类网络部署的标准配置。据 CCS Insight 预测，全球专用网络收入将以 13% 的复合年增长率持续增长，预计到 2028 年可达到 66 亿美元（详情可参阅《2024 - 2028 年专用移动网络预测》）。

五、5G-Advanced 的战略价值重大

以上所述仅仅是 Rel-18 标准中诸多增强功能与新特性的一部分内容。那些期望最大化现有 5G 频谱和网络投资回报的运营商，能够借助 5G-Advanced 开辟新的收入渠道，并提升网络效率。

作为 5G 演进的中期升级，5G-Advanced 不仅是技术迭代，更是重新定义 5G 竞争优势的重要契机，其已展现出相较于旧网络技术的巨大优势。对于志在拓展收入来源或进军制造、农业、汽车和安全等垂直行业的运营商来说，这一升级势在必行。

