

5G 技术在通信工程中的应用与发展趋势研究

董云超

黑河学院 黑龙江 哈尔滨 150000

【摘要】：5G 技术作为通信工程领域的重大突破，依托高频段协同、网络虚拟化与智能调度等核心技术，全面支撑 eMBB、uRLLC 和 mMTC 三大应用场景，通过网络切片与边缘计算的深度融合，它在工业互联、沉浸式体验及广域覆盖等工程实践中展现出卓越性能；典型应用包括 5G-A 极简专网提升智能制造效率，5G-AVR 实现大空间沉浸交互，NTN 技术拓展高原地区通信边界，随着 5G-A 向通感一体、AI 原生网络与绿色通信演进，通信系统正迈向智能化、高效化与可持续发展新阶段，为实体经济数字化转型提供坚实支撑。

【关键词】：5G 技术；通信工程；网络切片；边缘计算；通感一体

DOI:10.12417/2811-0528.26.01.064

5G 作为新一代移动通信技术，其发展源于 4G 网络在带宽、时延等方面存在的性能瓶颈，国际电信联盟（ITU）定义的 eMBB（增强移动宽带）、uRLLC（超高可靠低时延通信）、mMTC（海量机器类通信）三大应用场景，正推动通信工程从“人与人连接”向“万物互联”转型；截至 2025 年，全球 5G 市场规模已达 1.2 万亿美元，中国占比近 50%，成为技术应用核心阵地，而通信工程的数字化升级亟需底层技术支撑，5G 则通过网络切片、分布式 MIMO 等创新架构，重构了通信网络的资源分配与服务能力^[1]，本文结合 3GPP R19 标准最新进展，解析 5G 在垂直领域的工程应用逻辑，对推动通信技术与实体经济融合具有实践价值。

1 5G 技术核心特性与通信工程适配性

1.1 关键技术突破

5G 通过三大技术革新实现性能跃升：

（1）频谱多频段协同

采用 600MHz-86GHz 全频段覆盖策略可构建多层次频谱资源体系，其中低频段如 600-900MHz 具备绕射能力强、传播损耗低的特性，能实现偏远山区、地下停车场等复杂环境的广域覆盖，确保基础通信服务无死角；毫米波频段即 24.25GHz 以上则凭借超大带宽资源，在体育场、机场候机厅等人员密集热点区域为用户提供高达 10Gbps 的峰值速率，满足 4K/8K 超高清视频、云游戏等大流量业务需求，不同频段之间还可通过动态频谱共享（DSS）技术实现资源智能调配，有效提升频谱

利用效率。

（2）网络架构虚拟化

引入 5G 核心网（5GC）与网络功能虚拟化（NFV）技术可打破传统通信网络“硬件绑定”的架构模式，其中 NFV 技术会将传统通信设备的功能以软件形式部署在通用服务器上，比如把移动性管理实体（MME）、会话管理功能（SMF）等网络功能解耦并通过虚拟化平台实现灵活调度；5GC 核心网则采用服务化架构（SBA），各网络功能以服务形式对外开放且支持按需组合与动态扩展，这种架构能让运营商根据业务流量变化弹性分配计算、存储资源，相比传统网络部署周期缩短 70% 以上，运维成本降低 40%^[2]。

（3）智能资源调度

借助波束成形技术，5G 基站可将信号能量集中在特定方向，还能通过数字信号处理动态调整天线阵列的相位与幅度，进而实现“信号追着终端跑”，在高密度场景下，该技术能将信号干扰降低 30dB 以上，显著提升用户体验；同时，网络切片技术允许运营商依据不同业务需求，把物理网络分割成多个逻辑独立的虚拟网络，比如针对自动驾驶业务构建高可靠低时延（uRLLC）切片以保障车联网通信的毫秒级响应，为物联网设备打造海量机器类通信（mMTC）切片以支持百万级设备同时接入，而这两种技术的协同作用，能让 5G 网络灵活适配 eMBB（增强移动宽带）、uRLLC、mMTC 三大应用场景的差异化需求。

1.2 通信工程适配优势

与传统通信技术相比,5G在工程场景中优势显著,在工业通信领域,它凭借超低时延特性将时延控制在1ms以内,这一性能完美契合AGV机器人的实时控制需求,而传统通信技术面对工业复杂环境时,常因信号传输延迟导致AGV运行卡顿甚至碰撞,5G技术则通过边缘计算与网络切片技术实现了指令的即时响应,大幅提升了工业自动化生产线的运行效率与安全性。

在密集城区覆盖方面,SuperMicell方案成为5G提升连接容量的关键技术,该方案通过智能波束管理技术可动态调整信号发射方向与强度,精准覆盖用户终端,相较于传统通信技术采用的全向覆盖模式,SuperMicell方案能有效减少信号干扰,使连接容量提升30%,在人流量巨大的商业中心、地铁站等区域,5G网络能够同时支持更多用户流畅进行高清视频播放、在线游戏等大带宽业务,极大改善了用户体验^[3]。

在能源效率方面,R19标准的LP-WUS(低功耗唤醒信号)技术为5G设备带来了革命性突破,传统通信设备即使处于待机状态也需保持一定的信号接收强度,导致能耗较高,而LP-WUS技术通过优化设备唤醒机制,让设备在待机状态下仅需极低的功耗就能维持与网络的连接,使待机功耗降低60%,这不仅延长了智能终端的续航时间,还降低了基站等基础设施的运营成本,为5G网络的绿色可持续发展提供了有力支撑。

2 5G 技术在通信工程中的典型应用

2.1 工业互联通信工程

5G借助“专网+边缘计算”架构改造工业通信网络,在智能制造等领域显示出很大潜力,为工业数字化转型提供关键支持。在智能制造场景里,中兴通讯推出的5G-A极简专网方案很有代表性,该方案把核心网移到企业本地,搭配边缘计算节点的分散部署,大幅减少数据传输延迟,实现设备间15ms空口时延传输,这一指标比传统网络提升数倍,能满足工业控制中对实时性要求极高的场景需求。在实际应用中,该方案成功支持50台以上AGV(自动导引车)同时协同工作,AGV通过5G网络实时交换位置信息、任务指令,实现精准路径规划和避障,极大提高工厂物流效率。从技术发展角度看,3GPP R19标准进一步加强工业级连接的可靠性,通过推进数字孪生接口标准化,工厂内的物理设备与虚拟模型建立起一一对应的映射关系,生产过程中的设备状态、工艺参数等数据,能通过5G网络以极低延迟和极高稳定性实时同步到数字孪生系统,企业工程师可依据数字孪生模型进行仿真分析、故障预测和工艺优化,提前避开生产风险,实现精细化管理,这种技术革新不仅提高生产效率,还为工业智能化升级打下坚实基础。

2.2 沉浸通信工程

全球首个5G-AVR大空间剧场实现商用,这一成果成功验证了沉浸通信在工程层面的可行性,该项目具体通过部署轻量化室内分布式微站来构建高密度且低时延的网络覆盖环境,同时深度结合NodeEngine基站算力引擎,从而突破传统网络传输存在的瓶颈,最终实现4K@90fps超高清画质的实时传输,让用户在虚拟空间里能够清晰捕捉到每一处细节,真切感受身临其境的视觉体验;系统还具备强大的并发处理能力,可支持50人同时在虚拟空间开展实时交互,不管是角色动作的同步、语音方面的交流,还是数据的共享,都能保持流畅无阻,有效避免出现卡顿与延迟的情况^[4];这种创新的“网络+算力+内容”工程模式,不仅充分展现了5G-A技术在通信工程领域拥有的巨大潜力,还为文旅、教育等领域的通信升级提供了极具参考价值的范本,在文旅领域,借助这种模式,游客能够突破时间与空间带来的限制,沉浸式地游览各类名胜古迹、体验丰富多样的特色文化活动,在教育领域,学生则可以通过虚拟场景进行实验操作、历史事件重现等各类学习活动,极大地提升了学习过程中的趣味性 with 参与感。

2.3 广域覆盖通信工程

在非地面网络也就是NTN领域,3GPP R19标准借助引入再生载荷技术实现了卫星通信能力的革命性扩展,这项技术突破了传统透明转发卫星的局限,通过星上处理与波束赋形技术把卫星变成了太空中的中继站,进而让偏远地区的通信链路容量提升了3到5倍;中国电信依托这项技术在平均海拔超过4000米的青藏高原开展“天路5G”工程,还创新性地部署了600MHz低频段网络,该频段有着超视距传播和强穿透的特性,再搭配分布式微基站与多星组网方案,成功解决了传统宏基站部署时面临的高寒缺氧、电力供应困难以及传输光缆铺设成本高昂等工程难题;从实测数据来看,该网络已经使藏区的通信覆盖率从78%提升到了92%,不仅支撑当地开展智慧农牧业监控、远程医疗会诊等新型应用,还为全球高海拔地区的5G建设提供了可复制的工程范例。

3 5G 技术发展趋势

5G-A阶段呈现三大发展趋势:

通感一体技术借助分布式大规模天线阵列(即D-MIMO)将通信与雷达感知这两大功能进行深度融合,从而实现设备“一机两用”的效果;其原理是D-MIMO利用多天线信号处理技术,让设备在传输数据的同时同步发射探测信号,再通过对回波的分析来完成目标定位与环境感知,且测距精度能够达到米级水平;在典型应用场景方面,它可用于智能交通系统,让车辆实时感知周边的路况和障碍物,也能应用于工业领域,对

生产线设备的运行状态开展非接触式监测。

AI 原生网络的发展得益于 R19 标准引入的 AI 辅助波束管理功能,这一功能让网络智能化水平得到了显著提升;AI 算法会实时分析信道状态、终端移动轨迹等海量数据,通过这些数据提前预判波束切换的需求,最终使切换效率提升 40%。在体育场馆、演唱会现场这类高密度人群聚集的场景中, AI 原生网络能够动态优化信号覆盖,确保用户在快速移动过程中也能保持稳定连接,从而避免出现视频卡顿、游戏延迟等影响使用体验的问题。

在绿色通信领域,环境物联网(Ambient IoT)设备依靠射频能量采集技术实现了无源通信,这一突破彻底改变了传统设备依赖电池供电的模式,设备能够主动捕捉环境中存在的无线射频信号,并将这些信号转化为电能来维持自身运行,从而有效降低了整体能耗;在智慧城市的建设进程中,当路灯、井盖

等基础设施上部署了这类无源物联网设备后,它们就可以长期自动采集各类环境数据,而且无需工作人员频繁更换电池,这不仅大幅减少了后期的维护成本,还进一步降低了碳排放,为通信产业向更加可持续的方向发展提供了有力推动。

4 结论

5G 技术已经从最初的理论探索阶段稳步迈向规模化的工程落地阶段,在工业控制、沉浸通信以及偏远地区网络覆盖等多个重要领域实现了技术性能与应用模式的双重突破;它的核心价值不只是体现在通信速率的提升上,更重要的是通过服务化架构、网络切片以及分布式部署这些创新方式,重新构建了通信系统的灵活性与可靠性,让通信系统能更好地适应不同场景的需求。当前, 5G-A 技术的持续发展正推动通信网络朝着感知融合、智能内生以及低碳运行的方向不断跃迁,为通信行业带来新的发展机遇。

参考文献:

- [1] 张志强.5G 移动通信技术在通信工程中的应用分析[J].中国宽带,2025(6):52-53.
- [2] 农艳霞.5G 移动通信技术在通信工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):34-35.
- [3] 郭敏杰.基于 5G 通信技术应用及未来发展趋势[J].卫星电视与宽带多媒体,2020(10):103-104.
- [4] 于景.5G 通信技术背景下传输技术发展趋势[J].电脑乐园,2021(10):93-94.