

光纤到屋场景下的 Q 波段毫米波通信

贺超¹, 任志雄¹, 王祥¹, 曾焱¹, 方箭², 侯德彬³, 蒯乐³,
陆容³, 杨仕林³, 陈喆³, 陈继新³

¹ 华为技术有限公司, 中国深圳市, 518129

² 国家无线电监测中心, 中国北京市, 100037

³ 东南大学毫米波国家重点实验室, 中国南京市, 210096

概要: 毫米波技术无论在室外长距离通信还是室内短距离通信中都获得了广泛关注和深入研究。受限于高路损与穿墙损耗, 毫米波室内覆盖是关键难点问题。近两年, 随着第五代固定网络接入技术(Fifth generation fixed networks, F5G)的兴起并提出光纤到屋(fiber-to-the-room, FTTR)技术, 无疑为解决毫米波室内覆盖提供了强有力手段。依赖于铺设到每个房间的光纤基础设施, FTTR 为大容量毫米波通信创造了超大带宽的连接通道, 使得毫米波可以全面高效覆盖每个房间。同时, 毫米波频段的高穿墙损耗反而为消除跨房间无线通信系统间的干扰创造了有利条件, 从而为大容量零干扰家庭无线接入建立基础。

为推广毫米波技术应用, 中国无线电监管机构于 2013 年发布 Q 波段 (42–48 GHz) 频谱用于室内无线接入, 并由东南大学洪伟教授牵头制订 Q-LINKPAN 和 IEEE 802.11aj 通信标准。受益于单载波体制设计, 该标准减少了对射频器件动态范围要求, 降低了毫米波技术商用门槛。本文首先对近 20 年家庭接入技术进行回顾, 包括非对称双绞线、电力线、同轴线和光纤接入技术, 然后介绍了毫米波无线局域网技术, 重点分析了 Q 波段毫米波通信物理层链路、Q 波段毫米波射频芯片现状、毫米波天线设计, 结合当前云虚拟现实 (cloud virtual reality, cloud VR) 等新应用讨论了产品化节奏, 最后对 Q 波段毫米波样机和测试结果进行了介绍。文末对于 FTTR 新架构下的毫米波技术挑战进行了展望, 对包括波束成形、漫游、高效率射频天线设计、精简协议与系统集成、标准化与非通信应用研究等将会是家用毫米波技术持续发展的重要课题。

IEEE 802.11aj 标准主要支持单载波 (single carrier, SC) 与正交频分复用 (OFDM) 两种通信体制, 通过引入单载波体制降低了信号峰均比进而降低对射频器件动态范围要求。通信模板最大支持 64-QAM, 在 4 条空间流情况下可以支持 14 Gb/s 的峰值速率。当前毫米波功放效率不高, 为进一步对抗路损、高增益高效率的 CMOS PA、全集成天线设计以及波束成形与跟踪等技术需要持续考虑。

Cloud VR 类应用对于网络质量提出了更高要求, 在 2019 年 VR 分级标准中, 旗舰级 VR 需要端到端 3 Gb/s 以上带宽和 5 ms 以内的时延。为保证 Cloud VR 业务体验, 欧洲电信标准化组织 (ETSI) 提出专门针对云 VR 的切片架构, 由此成为家用毫米波通信的重要抓手。当前光接入网络正大范围从 GPON 向 10G-PON 迁移, 为高带宽毫米波接入奠定了回传网络基础。

当工作在 540 MHz 和 1080 MHz 带宽下时, Q 波段毫米波样机收发环回信噪比分别可

达 25 dB 和 20 dB，在 16-QAM @1080 MHz 调制模板情况下可实现单流 2 Gb/s 通信速率，当工作在 64-QAM 时，通过 4×4 MIMO 最终可支持 10 Gb/s 以上速率。

关键词： 光纤到屋；毫米波；Q 波段；云虚拟现实；家庭网络；波束成形；射频集成电路

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2000440>