

校园 5G 低成本建设方案探讨

Discussion on the Low-cost 5G Construction Scheme on Campus

张巾莹¹ 孙玉蒙² 赵峻毅²

Jinying Zhang¹ Yumeng Sun² Junyi Zhao³

1. 中国联通山东省分公司 中国·山东 济南 250000

2. 中电科普天科技股份有限公司 中国·广东 广州 510310

1.China Unicom Shandong Branch, Jinan, Shandong, 250000, China

2.Cetc Potevio Science & Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510310, China

摘要: 从校园 5G 建设出发, 选取了一个校园整体并细分场景, 通过仿真、预算等步骤, 提出合理化的 5G 室分建设方案建议, 为校园 5G 室分方案设计提供一些参考。

Abstract: Starting from the campus 5G construction, selected a whole campus and subdivision scene, through simulation, budget and other steps, put forward the rationalization of 5G room construction scheme suggestions, to provide for the campus 5G room scheme design to provide some reference.

关键词: 校园; 5G; 覆盖; 方案

Keywords: campus; 5G; coverage; scheme

DOI: 10.12346/etr.v5i2.7673

1 引言

随着 5G 基站的部署, 校园等口碑场景楼宇成为网络通信覆盖的重点。2023 年做到校园 5G 覆盖率达到 100% 全覆盖。制定场景化、低成本解决方案是校园 5G 建设道路上的目标。

业务需求分析: 校园内学生集中, 人员数量大。运营商针对校园推出低资费套餐, 单用户流量消耗非常大, 无线网络有较高替代 Wi-Fi 要求, 单用户速率要求高。大部分业务集中, 每天几个固定时段发生在宿舍楼, 潮汐效应非常明显。工作日及周末业务需求基本相当, 工作日白天业务需求主要

集中在教学楼, 晚上主要集中在宿舍楼; 周末业务需求主要集中在宿舍楼。学校不同区域的业务特性如表 1 所示。

2 5G 室分覆盖常用解决方案介绍

2.1 新建 DAS 系统

室内 DAS 系统通过不同数量的分布系统支路, 将信源设备各通道信号引入同一覆盖区实现无线网络覆盖, 根据分布系统部署支路数量划分, 无源室分方案可分为单路室分方案、双路室分方案^[1]。

表 1 高校不同场景用户分析

序号	楼宇类型	人群	人流量	数据业务
1	宿舍楼	学生	★★★	★★★
2	教学楼	学生	★★★	★★★
3	餐厅	学生	★★★	★★
4	图书馆	学生	★★	★★
5	行政办公楼	教师	★	★
6	体育馆	学生	★★★	★★★

注: ★较少 ★★中等 ★★★较大。

【作者简介】张巾莹 (1977-), 女, 中国山东青岛人, 本科, 高级工程师, 从事移动网络的研究、规划以及工程管理研究。

2.2 信源升级 / 替换

采用 2.1G 低成本重耕方案, 无需进行分布系统改造, 只需替换 / 升级信源。

2.3 数字化室分

5G 数字化室分通常由 BBU、汇聚单元、Prru 和连接线缆组成, 支持单 NR 或 NR+LTE 多模。根据 Prru 的产品特点和应用方式的不同, 可分为内置天线放装型和外接天线型方案, 可根据覆盖场景容量需求及投资不同选择不同的方案。

2.4 移频 MIMO 改造升级

5G 移频 MIMO 室分系统是一种在原有无源室分系统基础上进行改造的解决方案, 系统由移频管理单元 (FSMU, 简称近端机)、移频覆盖单元 (FSRU, 简称远端机) 和远端供电单元 (POW) 三部分组成。

2.5 室内外综合解决方案

校园网络覆盖的难点在于建筑物多, 结构复杂, 人员密集, 用户潮汐效应明显, 建筑功能不一, 网络存在弱覆盖和容量不足的问题。校园覆盖仅采用单一的方式无法满足网络覆盖, 因此应采用宏微结合、室内外协同, 根据覆盖场景特征、功能, 合理匹配室分建设方式, 在性能成本间达到最优组合, 降低造价, 提升投资效能^[2]。

宏站侧重于室外、道路和浅层覆盖, 是中、高数据业务的主力承载层, 主要解决室外、室内浅层热点覆盖问题; 微站作为主要的补盲措施, 既完成对宏站室外的补充覆盖, 又能针对室内进行深度覆盖。室分侧重于宏站、微站无法解决室内深度覆盖或者对高业务量的室内区域进行容量补充覆盖。

3 高校覆盖细分场景低成本建设手段

高校为学生求学场所, 一般包括宿舍楼、教学楼、餐厅、图书馆、行政办公楼、体育馆等, 建筑物高矮不一, 内部结构复杂, 存在弱信号和容量不足的问题。

3.1 宿舍楼技术方案

3.1.1 场景特点

宿舍楼宇分布比较集中, 内部结构比较规则, 主要为砖混结构, 穿透损耗大, 包括 2 人间、4 人间、8 人间宿舍。宿舍区是休息的主要场所, 在宿舍学生空闲时间多, 晚上话务及网络访问量主要集中在宿舍区, 为全天话务及数据流置的高峰时段^[3]。

3.1.2 应用案例

本次选取某校宿舍楼为例, 面积 12900m², 针对宿舍楼场景, 选取如下几种建设方式:

①新建 3.5G 双路 DAS。

共计部署 3 台 5G 设备, 单天线覆盖单侧 2~3 个房间。通过仿真验证, 采用该方案 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到 99.28%, 达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

② PRRU (4T4R) + 外接天线。

共划分 3 个 NR 小区, 36 台 5G 单模产品外接型设备, 单 PRRU 外接 2 副 2T2R 全向吸顶天线, 保证每个天线覆盖单侧房间 3 个。通过仿真验证, 采用该方案 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到 98.11%, 达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

③ PRRU (4T4R 内置型天线)。

共划分 6 个 NR 小区, 72 台 5G 单模产品内置型设备, 支持 5G NR 4T4R。单 PRRU 覆盖单侧房间 3 个。通过仿真验证, 采用该方案 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到 100%。

3.1.3 成本分析

3.5G 双路 DAS 投资共计 14.03 万元, PRRU (4T4R) + 外接天线投资共计 23.56 万元, PRRU (4T4R 内置型天线) 投资共计 39.3 万元。

PRRU (4T4R 内置型) 成本造价约是双路无源室分的 2.80 倍; PRRU (4T4R) + 外接天线成本造价约是双路无源室分的 1.68 倍。

3.1.4 总结

通过仿真预测, 三种建设方式的覆盖效果基本相当, 性能上, 新型室分上下行速率优于传统室分。因此, 4 人以下宿舍楼优先推荐 PRRU (4T4R) + 外接天线的方式进行部署, 采用外接天线的方式扩展单个 pRRU 的覆盖面积, 降低单位面积综合建设成本, 相比建设纯有源节省投资 46%。4 人及以上宿舍楼建议选取 PRRU (4T4R 内置型天线), 发挥单 PRRU 大容量的优势。在宿舍楼场景下应根据人口密度灵活调整方案。

3.2 教学楼技术方案

3.2.1 场景特点

教学楼建筑主要为砖混结构建筑, 平面布局采用“回”字形建筑, 中间为走廊, 两侧为教室的布局, 或采用一字型建筑, 一侧为走廊, 一侧为教室的布局。功能一般包含教室、办公室、卫生间等。用户群体大部分为学生群体, 对上网速率及质量要求很高。学生群体的话务需求较低, 主要对网络要求高, 以满足平时刷视频, 打游戏等。

3.2.2 应用案例

本次选取某校教学楼为例, 面积 15000m², 针对教学楼场景, 选取如下几种建设方式:

①新建 3.5G 双路 DAS。

共计部署 2 台 5G RRU 设备, 全向吸顶天线覆盖半径 8m 左右, 教室门口安装板状天线, 走廊布放全向吸顶天线。通过仿真验证, 使用该方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到 95.53%, 达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

② PRRU (4T4R) + 外接天线。

按照 4 个 NR 小区进行规划, 共计使用 44 台 PRRU, 每 PRRU 外接 2 副 2T2R 全向吸顶天线。通过仿真验证,

采用该方案 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 99.96%，达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

3.2.3 成本分析

3.5G 双路 DAS 投资共计 10.82 万元，PRRU (4T4R) + 外接天线投资共计 31.06 万元。PRRU (4T4R) + 外接天线成本造价约是双路无源室分的 2.73 倍。

3.2.4 总结

通过仿真验证，新型室分相较于传统室分在覆盖效果上有一定的优势。教学楼的普通教室建议新建 3.5G 双路 DAS 方案，阶梯教室叠加 PRRU (4T4R) + 外接天线方式。相较于全部建设有源室分，可进一步降低建设成本和运营成本。

3.3 餐厅技术方案

3.3.1 场景特点

餐厅建筑主要为砖混结构建筑，平面布局采用“口”字形建筑，大部分为就餐区域的布局，小部分为后厨区域，室内区域空旷。功能一般包含就餐区、后厨、厕所等。用户群体大部分为学生群体，对上网速率及质量要求较高。业务大多集中在早餐、午餐、晚餐等时间，潮汐效应非常明显，单用户速率要求高。

3.3.2 应用案例

本次选取某校餐厅为例，面积 4300m²，针对教学楼场景，选取如下几种建设方式：

①新建 3.5G 双路 DAS。

共计部署 1 台 5G RRU 设备，全向天线覆盖半径约 8m 左右。通过仿真验证，采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 95.9%，达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

② PRRU (4T4R 内置型天线)。

按照 1 个 NR 小区规划，共计使用 6 台 PRRU，通过仿真验证，采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 98.2%。达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

3.3.3 成本分析

新建 3.5G 双路 DAS 投资共计 3.54 万元，PRRU (4T4R 内置型天线) 投资共计 4.84 万元，PRRU (4T4R 内置型天线) 成本造价约是双路无源室分的 1.5 倍。

3.3.4 总结

由于餐厅内部空旷，人员密集，从容量上优先推荐新型室分的建设方式。PRRU (4T4R 内置型天线) 单小区下行峰值速率 2×1500 Mbps，上行峰值速率 2×375 Mbps。

3.4 图书馆技术方案

3.4.1 场景特点

图书馆是校园内重要楼宇，建筑特点一般占地面积较大，内部结构复杂，功能区域较多，空旷区域和小办公室共存，隔断多穿损大，整体人口密度与话务量需求中等，自习室、阅览室区域人员较多，藏书室等其他区域人流量较少。

3.4.2 应用案例

本次选取某校图书馆为例，面积 40000m²，针对图书馆场景，选取如下几种建设方式：

① NR 2.1G 合路。

新增 5 台 NR 2.1 GRRU，5 个合路器，利旧原有馈路，合路原 4G 室分信源。

②新建 3.5G 双路 DAS。

共计部署 5 台 5G RRU 设备，遵循“小功率，多天线”滴灌式原则进行覆盖，在走廊布放定向天线向内覆盖房间，每 20m 布放全向天线覆盖走廊。通过仿真验证，采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 97.46%，达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

③移频 MIMO 改造。

新增 5 台 NR2.1G RRU，5 个 5G 移频室内分布近端机。通过仿真验证，采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 95.43%，达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求。

3.4.3 成本分析

NR 2.1G 合路投资共计 13.9 万元，新建 3.5G 双路 DAS 投资共计 23.61 万元，移频 MIMO 改造投资共计 50.72 万元。NR 2.1G 合路成本造价约是双路无源室分的 0.64 倍。移频 MIMO 改造方案成本造价约是双路无源室分的 2.4 倍。

3.5 行政办公楼技术方案

3.5.1 场景特点

行政办公楼建筑特点上，平层内部建筑隔断较多，穿透损耗情况复杂，楼层间穿透损耗也较大。典型的平层房间布局包括走廊 + 单 / 双边房间或大开间、会议室。行政办公楼一般楼层较高，房间较深。办公人员密度较低、数据业务较低。

3.5.2 应用案例

本次选取某校行政办公楼为例，面积 8400m²，针对行政办公楼场景，选取如下几种建设方式：

① NR 2.1G 合路。

新增 1 台 NR 2.1 RRU，1 个合路器，利旧原有馈路，合路原 4G 室分信源。

②新建 3.5G 单路 DAS。

共计部署 1 台 5G RRU 设备，办公室门口部署全向吸顶天线。通过仿真验证，采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 97.46%。

③移频 MIMO 改造。

新增 1 台 NR2.1 RRU，1 个 5G 移频室内分布近端机。通过仿真验证，采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到到了 97.1%。

3.5.3 成本分析

NR 2.1G 合路投资共计 2.55 万元，新建 3.5G 单路 DAS 投资共计 5.08 万元，移频 MIMO 改造投资共计 14.56 万元。

NR2.1G 合路成本造价约是单路无源室分的 0.5 倍。移频 MIMO 改造方案成本造价约是单路无源室分的 2.86 倍。

3.6 体育馆技术方案

3.6.1 场景特点

体育馆举架很高, 单体建筑面积较大, 主体建筑部分极为空旷, 部分场景除主体建筑外, 还包含办公区等面积较小、层高普通的区域。业务量在时间上存在规律性, 活动期间人员密度较大、语音业务和数据业务需求均较高, 非活动期间师生人员密度较低、业务量较少。

3.6.2 应用案例

本次选取某校体育馆为例, 面积 18600m², 针对教学楼场景, 选取如下几种建设方式:

① NR 2.1G 合路。

体育馆新增 2 台 NR 2.1 RRU, 2 个合路器, 利旧原有馈路, 合路原 4G 室分信源。

②新建 3.5G 单路 DAS。

共计部署 2 台 5G RRU 设备, 对体育馆进行全面覆盖。看台容量大、小区密度大, 频率复用度高。为严格控制小区内相互干扰及切换区域, 采用定向天线向内覆盖。公共场所室内利用采用全向吸顶天线, 在室内通道、办公区等局部进行小功率多天线覆盖。通过仿真验证, 采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到了 94.38%, 未达到指标要求。

③移频 MIMO 改造。

新增 2 台 NR2.1 RRU, 2 个 5G 移频室内分布近端机, 5G 移频室内分布远端机代替原全向吸顶天线, 改造原有单通

道馈路。通过仿真验证, 采用该建设方式 SS-RSRP ≥ -105 dBm 的面积覆盖率达到了 95.63%, 达到并且超过覆盖率 95% 的指标要求

3.6.3 成本分析

NR 2.1G 合路投资共计 4.94 万元, 新建 3.5G 单路 DAS 投资共计 9.6 万元, 移频 MIMO 改造投资共计 27.92 万元。NR2.1G 合路成本造价约是单路无源室分的 0.52 倍。移频 MIMO 改造方案成本造价约是单路无源室分的 3 倍。

4 结语

5G 校园室内覆盖应基于不同业务场景来选择高性价比的 5G 室分解决方案。对于内部隔断少、较为开阔的高价值场景, 优先采用有源室分方案, 确保网络容量、提升用户体验; 对于中价值场景, 优先采用传统室分叠加有源室分方案, 降低建设、运营成本。对于低价值楼宇, 可考虑采用 2.1G 合路、新建 3.5G DAS、微分布等方案, 进一步降低建设成本。从而低成本、高效快速地实现 5G 室内覆盖, 支撑 5G 应用规模发展。

参考文献

- [1] 邱太勇.5G低成本有源室分解决方案探讨[J].江西通信科技, 2020(2):4.
- [2] 刘欢欢.5G时代室内深度覆盖方案探讨[J].中国新通信,2021, 23(9):33-34.
- [3] 米洪伟,燕宾朋.电联共建共享5G无线网络设备选型浅析[J].广东通信技术,2021(4):74-76.