

基于 700M 的低成本 5G 网络山域超远覆盖系统研究

刘宗伟

(中国移动通信集团福建有限公司三明分公司, 福建 三明 365000)

摘要:为解决偏远山域网络覆盖难、应急保障难、5G+行业应用覆盖效益低等问题,在不改变原有基站线路、结构、外观的情况下,优选 5G 700M 高山站点,创新利用“智能遥控支臂+龙波球天馈”,低成本打造 5G 山域覆盖系统。

关键词:700M; 覆盖难; 超远覆盖

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:2096-9759(2023)06-0188-03

Research on Low-cost 5G Network Mountain-area Ultra Long Coverage System Based on 700M

LIU Zongwei

(Sanming Branch of China Mobile Communications Group Fujian Co., Ltd., Sanming, Fujian)

Abstract: In order to solve the problems of remote mountain area network coverage, emergency support and low coverage efficiency of 5G+industry applications, the 5G 700M mountain site is selected without changing the original base station line, structure and appearance, and the 5G mountain area coverage system is built at low cost by innovative use of "intelligent remote control arm+dragon wave antenna feeder".

Key words: self-organized network; network management; distributed network agent

1 引言

我国是一个多山的国家,山地面积占国家总面积的三分之一左右。我国目前有相当一部分人口居住在大山之中。山区由于受自然条件的影响,居民的经济、生活都受到巨大限制,特别是通信问题一直难以得到解决。山区地市存在面积广,但用户分散的特点,由于山与山之间的海拔不同,会造成对网络信号不同程度的遮挡,网络覆盖难度大,按照城市的通信基站建设是行不通的,需要根据山区的特点采取适合于山区地形的通信基站建设。

基站建设完成后,每年冬天山区的冰凌、大雪、夏季的洪水、山体滑坡、泥石流都不断的侵袭着通信网络的基础设施,干扰着网络的正常平稳运行,容易出现乡镇大规模通信阻断情况,为保证通信畅通,传统方式在乡镇开通卫星通信应急车进行保障,但此种方式恢复通信时间较长,且存在电子大面积阻断及道路阻塞等风险。

同时偏远山区的零星通信需求,如远程抄表、远程监控回传等物联网周期性应用,通过建设小微站满足覆盖需求,需要建设大量传输路由建设维护难度大,益极比极低,一个小区仅覆盖 1 到 2 个物联网设备,给现网资源带来了极大的浪费。

基于以上不足,本文提出了基于 700M 的低成本 5G 网络山域超远覆盖系统,利用 700M 频段频率低、覆盖距离远、绕射能力强、信号穿墙能力强等特点,低成本提升移动网络厚度和广度覆盖,保障乡镇不全阻。

2 可行性分析

2.1 700M 频率优势-覆盖广、穿透强

(1) 信号覆盖广

通过现场测试和仿真分析发现,700MHz 频段网络的覆盖半径为 2.6GHz 频段覆盖半径的 3 到 4 倍,从覆盖范围来看,则可以达到 8 到 10 倍(见表 1),信号有效覆盖范围更广,信号穿透能力更强。因此,在面积大、人口少、人口存在明显的分散性的山区,选择 700MHz 频段进行网络建设,基站建设数量

仅为 2.6G 的四分之一左右。从投资情况来看,与 2.6G 基站用于无线通信网络建设相比,则可节省将近 80% 的投资,有力的降低网络建设的成本。

表 1 700M 不同频段覆盖能力对比

频段	覆盖距离(KM)
700M	4.66
2.6G	2.03
3.5G	1.85
4.9G	1.55

(2) 信号穿透力强

如图 1 所示,山区移动信号损耗因素包括自由空间路损耗、房屋穿透损耗、树木穿透损耗、绕射损耗以及室内传播损耗,由于山区地形多样,无线信号受阻挡较多,穿透损耗大,导致山区地区时常出现信号较差的问题。另外,山区人口存在明显的分散性,移动单个基站的覆盖范围较小,因此需要建设更多的基站才能满足山区用户的使用,否则就会出现信号较差的现象,进而影响到用户的上网和通话的使用。无线信号频率越低,信号穿透能力越强,工信部分配给三大运营商的频段中,700MHz 为频率最低的频段,它的穿透损耗小,覆盖范围大,可以在有效降低成本的同时,为山区用户提供优质的服务,促进乡村振兴。

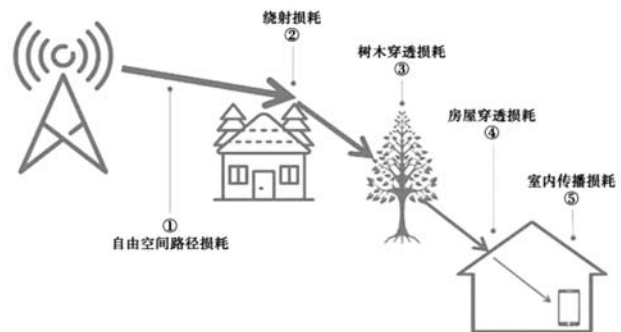


图 1 移动信号传播损耗

收稿日期:2023-03-02

作者简介:刘宗伟(1986-),男,工程师,硕士,主要研究方向为移动通信无线网络优化。

2.2 5G 基站最大覆盖距离分析

(1) GP 对小区半径影响:

基站侧上行接收 PRACH 有对应的时间窗口, 由 CP、Preamble、GP(保护间隔)三部分组成, GP 时间范围内不应发送数据, 基站侧接收 Preamble 的时间窗固定 1ms, 1ms 内接收到的 preamble 序列完整才能正确解调。终端检测 SSB 时间已经比基站侧发送时间延迟 Δt , 终端上行发送 preamble 后到达基站时间也会延迟 Δt 时间, 当 $2 * \Delta t \leq GP$ 时基站侧能正确接收 Preamble, 对应小区支持最大半径: $GP/2 * 300000$ (光速) KM。

(2) CP 对小区半径影响:

5G 采用 OFDM 调制技术, 其优点为频谱利用率高、在多个子信道上使用较低的带宽来抵消带宽有限的干扰信号, 提高信号的传输质量, 但是无线信号传播存在较为严重的多径时延现象, 表现为无线信号在传播过程中发生的较大的幅度衰减和较长的时延扩展, 由此引发符号间干扰和子载波正交性破坏问题。为解决此问题, 需要在每个 OFDM 符号之前加入循环前缀 CP。只要各径的多径时延与定时误差之和不超过 CP 长度, 就能保证接收机积分区间内包含的各子载波在各径下的整数波形, 从而消除多径带来的符号间干扰和子载波间的干扰, 因此 CP 长短也会影响小区支持最大半径, CP 支持小区最大半径: $CP/2 * 300000$ (光速) KM。

小区最终支持的最大半径为 CP 与 GP 支持的最大半径取较小值。

采用 Format1 格式时: GP 时长 0.7162ms, CP 时长 0.6849, 16.67 μ s 为最大时延扩展, 该格式最大小区半径: $\min(GP, CP - 16.67 \mu s) * 300000 / 10^6 / 2 = 100.1$ KM, 满足超远覆盖的要求。

3 系统实施方案

如图 2 所示, 在不改变现有基站线路、结构、外观的情况, 采用 5G 700M 高山站点, 在原站点铁塔上增加低成本远程控制摇臂。



图 2 超远覆盖实施图

3.1 站点选择

超远覆盖实现的一个前提条件是良好的无线传播条件, 因此, 超远距离覆盖基站的适宜站址是: 覆盖目标区域与基站之间无明显遮挡物, 视距可达区域, 天线的基站高度有两部分组成: 山体高度 h_1 和天线至地面的高度 h_2 , 在实际网络中基站天线有效高度是影响覆盖半径的直接原因, 天线高度设计时需要尽量保证目标覆盖区域处于视距范围内, 否则由于地球曲率影响, 远端区域处于非视距区域时信号衰减迅速, 覆盖难以保障。站点需要选取高海拔站点, 与周边乡镇存在视距传播, 可以有效覆盖周边乡镇。

3.2 天线选择

天线技术近两年得到了跨越式的发展, 龙伯球透镜天线已经成熟并运用, 与光学透镜聚焦原理相似, 通过利用多层介质球体的折射特性, 将单个天线的低增益、宽波束的电磁波信号汇集成高增益、窄波束的电磁波信号, 从而有效的增强场景

的覆盖。透镜天线, 一种能够通过电磁波, 将点源或线源的球面波或柱面波转换为平面波从而获得笔形、扇形或其他形状波束的天线。通过合适设计透镜表面形状和折射率 n , 调节电磁波的相速以获得辐射口径上的平面波发射模式, 相对于常规平板天线能够有效提升覆盖水平和网络质量, 改善用户体验, 经过现场测试, 平均 RSRP 提升 6db, 可以有效的提升基站的覆盖距离。

3.3 远程可调天线支架选择

远程天线控制系统如图 3 所示, 用可视化的后台控制单元+主控制单元+从控制单元+电机系统组成, 从控制单元通过控制电机系统进行俯仰角和方位角的调整, 通过网线连接到主控制单元, 主控制单元可以通过无线信号或者连接到后台调整系统, 从而实现后台调整系统实时调整天线俯仰角和方位角。

CONTROL UNIT - MAIN + SECONDARY ARCHITECTURE

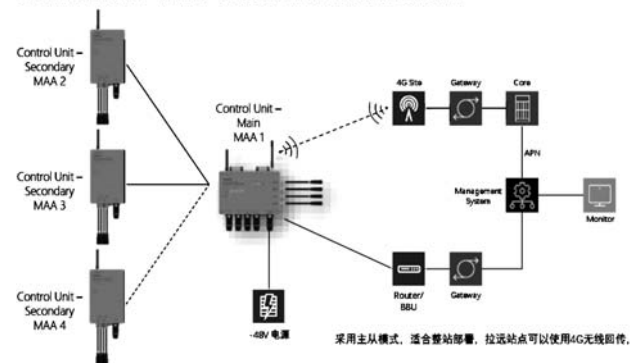


图 3 远程天线控制系统总体结构图

3.4 设备安装

充分利用原有铁塔, 安置龙伯球新型天线, 增加倾角、方位调节支架, 利用俯仰角电动调节器、方位角电动调节器进行覆盖方位调整, 不对原基站进行任何改造, 具体如图 4 所示:



图 4 远程天线控制系统现场实拍图

4 效果验证

4.1 测试设备准备

测试设备采用 mate40 PRO, 具体如表 2:

名称本用终端 40 PROItour, 支持 700M 网络 eer 7 跟踪

对应测试软件、手机驱动等环天 GPS, 采集 GPS 信息。

表 2 测试设备清单

名称	型号及版本	备注
商用终端	mate40 PRO	安装 walktour, 支持 700M 网络
pioneer	10.57	无线信令跟踪
测试 PC		安装对应测试软件、手机驱动等
GPS	环天 GPS	连接 PC, 采集 GPS 信息
车辆		

4.2 测试方案

(1)、站点选择

站点选择三明尤溪枕头山 C, 海拔达到 1050 米, 具体如表 3 所示:

表 3 测试站点选择

站点名称	经度	纬度	海拔	站高	下倾角	小区半径
三明尤溪枕头山 C	118.3808	26.3109	1050	50	0	100KM

(2)超远覆盖测试

间隔 2KM、5km、10km、20km、30km、40km, 测试这两种天线的覆盖、上行速率、下行速率的情况, 验证 700M 基站超远覆盖的可行性。

(3)应急通信保障测试

验证该系统是否可以短时间实现短时间基站全阻下的应急通信保障(远程调整方位角, 控制 700M 小区不同方向覆盖)。

4.3 测试结果

(1)超远覆盖测试: 由于山区地形限制, 部分计划测试点非视距传播导致无法测试, 在视距传播点测试数据如表 4 所示:

表 4 超远覆盖测试结果

测试位置	距离(km)	RSRP	SINR	上传速率(Mbps)	下载速率(Mbps)
雍口村村口	8.3	-103	8	3.59	41.81
西滨金龙实业公司大门	10.2	-94	10	13.53	68.81
汤川风力发电 6 号机组	26.7	-94	10	5.38	89.57
汤川大峡谷	36.2	-95	21	4.12	63.81

(2)应急通信保障测试: 验证该系统是否可以短时间实现短时间基站全阻下的应急通信保障

通过远程天线控制, 在 60 秒左右, 龙伯球天线由 180 度调整为 110 度, CBN-三明尤溪-枕头山 C-516 小区由覆盖尤溪西滨镇变为覆盖尤溪洋中镇, 覆盖电平达到-97dbm, 上传 2.23M 下载: 69.72M, 可以快速解决应急通信的保障需求。

5 运用效果及实例

5.1 超远距离信号覆盖

建设尤溪枕头山超高 700M 站点试点项目, 在距离基站 36km 公里处, RSRP: -95dB, SINR: 21 上传: 4.1M, 下载: 64M, 单站信号可同时有效覆盖西滨, 尤溪口、洋中、汤川等多个乡镇, 低成本实现超远距离多乡镇网络覆盖。

5.2 快速实现应急保障

突发灾情时, 可利用智能遥控支臂, 一分钟快速完成天馈覆盖方位调整, 有效覆盖周边信号阻断区域, 实现应急基站快速开通, 保障乡镇不全阻。

5.3 5G+网络周期覆盖

在半夜业务零低时段, 通过系统自动远程调整方位及俯仰角度, 实现周期性回传数据的特定场景 5G 网络覆盖“巡检”, 待数据快速回传后自动调整至原覆盖模式。

(1)5G+森林防火

利用 700M 广覆盖优势, 通过 5G 回传数据, 利用 AI 图像算法进行分析, 实现人烟稀少、交通不便的山区、林区全天候监控, 有效配合森林防火、防伐应用。

(2)5G+电力巡检

汤川风力发电场位于高山之巅, 有 28 个风电场, 无线信号未覆盖, 夜间通过远程控制距离 26km 的枕头山基站机械臂调整方位角及俯仰角, 实现临时覆盖满足风车数据的回传需求, 减少人工巡检频次。

(3)5G+水利巡视

三明境内河道长 245 公里, 溪河甚多, 对水域水位监测至关重要, 三明陈大镇水文站作为福建省首个 5G 水文站, 完成 VR 视频远程对水文站进行巡视, 对水流的流速、水位数据, 通过 5G 实时回传。

5.4 有 5G 无 4G 信号场景应用反哺

多网制式, 农村 700M 高山站部署存在有 5G 无 4G 信号区域, 通过 700M 室外级 CPE 快速开通 4G Femto 基站, 解决农村 4G 弱覆盖和 5G 低利用率问题, 节省偏远地区光缆铺设成本。

6 技术优势

6.1 快速实现超远覆盖调整

本系统集成可旋转支架平台、龙伯球天线及远程天线控制系统, 利用倾角、方位调节支架, 1 分钟完成覆盖区域 360°全向快速调整, 低成本实现超远距离多乡镇网络覆盖。突发灾情时, 可利用智能遥控支臂, 实现一分钟天馈覆盖方位快速调整, 保障乡镇不全阻。

6.2 利用大数据实现自动调整

本系统基于网优大数据平台及 MR 数据平台发送控制指令, 系统执行自动调整, 完成覆盖方向自优化。在半夜业务零低时段, 智能远程控制系统支持方位及俯仰角度, 实现周期性回传数据的特定场景 5G 网络覆盖“巡检”, 待数据快速回传后自动调整至原覆盖模式。

6.3 快速实现 4G 覆盖

利用 700M 5G 网络和 CPE 快速开通 4G Femto 基站, 快速补充农村低效区域 4G 覆盖, 减少光缆建设投资, 实现一站多用。

7 结语

本文创新研发的“基于 700M 的低成本 5G 网络山区超远覆盖系统”, 具备小平台、大功能, 经过多次长距离应急通信测试, 在距离基站 36km 公里处信号覆盖良好, 数据回传稳定。可同时覆盖多个乡镇、1 分钟可完成应急信号覆盖、快速实现农村低效区域 4G 弱覆盖补强。

通过基于 700M 低成本“5G 网络山区超远覆盖系统”实施, 可逐步在偏远山区应急保障、道路不畅、有周期性数据业务需求及有 5G 无 4G 信号的区域推广, 效果俱佳。

参考文献:

- [1] 李华. 700 MHz 时代下广电业务在山区的发展策略[J]. 电视技术, 2021, 45(05): 10-13. DOI: 10.16280/j.videoe.2021.05.004.
- [2] 张建国. TD-LTE 系统覆盖距离分析[J]. 移动通信, 2011, 35(10): 26-29.
- [3] 许瑜超. 广电 5G(700MHz)海面超远覆盖关键技术与测试[J]. 广播与电视技术, 2021, 48(09): 21-26. DOI: 10.16171/j.cnki.rtbe.20210009003.