

面向5G时代的4G校园网

Research on 4G Campus Network Layout
Strategy for 5G Era

布局策略研究

李源, 李鹏来, 彭方生 (中国联通武汉分公司, 湖北 武汉 430014)

Li Yuan, Li Penglai, Peng Fangsheng (China Unicom Wuhan Branch, Wuhan 430014, China)

摘要:

首先分析了目前4G校园网站点布局方式存在的问题以及5G时代面临的挑战, 然后提出了一种新的4G校园网精准滴灌布局策略。通过实地部署证明了该策略的有效性, 同时通过仿真证明该策略对后续5G站点布局同样具有良好效果, 具备在校园网推广使用的价值。

关键词:

4G校园网; 精准滴灌; 5G; 大张角天线
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.12.008
文章编号: 1007-3043(2020)12-0028-05
中图分类号: TN929.5
文献标识码: A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

Firstly, it analyzes the existing problems in the layout of 4G campus network and challenges in 5G era, and then puts forward a new precise layout strategy for 4G campus network. The validity of the strategy is proved by field deployment, and the simulation results show that the strategy also has a good effect on the 5G site layout. It has the value of popularization and application in campus network deployment.

Keywords:

4G campus network; Precise layout; 5G; Large vertical half-power angle antenna

引用格式: 李源, 李鹏来, 彭方生. 面向5G时代的4G校园网布局策略研究[J]. 邮电设计技术, 2020(12): 28-32.

1 概述

随着工信部向运营商颁发5G商用牌照, 5G时代已正式来临。考虑到终端普及、网络建设、市场发展等因素, 预计4G向5G过渡需要1~2年时间。在4G向5G过渡期间, 如何做好4G校园网布局, 一方面解决目前4G校园网覆盖和容量需求, 一方面为5G大规模部署做好准备, 是本文要探讨和解决的问题。

2 4G校园网面临的挑战

2.1 网络深度覆盖不足

收稿日期: 2020-11-02

深度覆盖一直是校园网覆盖的难点和痛点, 特别是宿舍底层深度覆盖问题比较突出。

图1是某校园宿舍区域4G现网布局, 该区域在学生宿舍5栋上部署一个宏站, 宏站到周边宿舍覆盖半径在100~150 m。由于该区域宿舍主要呈“回”字形, 无线环境较封闭, 加上被树木遮挡, 宿舍底层覆盖整体较弱。从表1的测试结果来看, 宿舍底层平均RSRP为-98.7 dBm, SINR值为10 dB左右。尤其是位于宏站覆盖边缘的1、4、7、9栋宿舍底层弱覆盖问题尤为严重。表1展示了9栋底层CQT测试结果, 大部分区域RSRP低于-100 dBm。单纯依靠4G宏站对校园网覆盖, 无法解决宿舍底层深度弱覆盖问题, 需要对现有校园网站址布局进行加密。



图1 校园宿舍区域4G现网宏站分布图

表1 校园宿舍区域底层4G覆盖情况

楼宇名称	RSRP/ dBm	SINR/ dB	楼宇名称	RSRP/ dBm	SINR/ dB
学生宿舍1栋	-100	13	学生宿舍6栋	-100.0	10.0
学生宿舍2栋	-97	7	学生宿舍7栋	-99.0	14.0
学生宿舍3栋	-96	13	学生宿舍8栋	-102.0	11.0
学生宿舍4栋	-100	10	学生宿舍9栋	-101.0	5.0
学生宿舍5栋	-97	10	平均值	-99.1	10.3

2.2 网络容量存在瓶颈

由于腾讯王卡、冰激凌套餐等不限流产品发展迅猛,校园网面临巨大的容量和负荷压力。宿舍区域晚忙时4G PRB利用率保持在70%以上,CQI低于10,后台统计下行业务平均速率不足3 Mbit/s,现场实测速率不足1 Mbit/s(见表2)。

表2 校园宿舍区域晚忙时统计指标

指标名称	数值
日均总流量/TB	1.56
忙时平均下行PRB利用率/%	75.6
下行业务平均速率/(Mbit/s)	2.9
平均CQI	9.6

宿舍区域究竟要配置多少容量才能满足需求?表3是对图1中宿舍区域容量预估结果。该区域共9栋宿舍,共居住学生7200人。该院校联通市场占有率为60%左右,该区域共有联通用户4320人。根据后台指标统计,晚忙时用户RRC激活率为40%,下行业务占空比为15%。按4G下行5 Mbit/s速率保障用户感知,该区域需要配置25.9个20 MHz带宽的4G载扇,而目前该区域1个三载波满配宏站仅能提供6个20 MHz带宽4G载扇和3个10 MHz带宽4G载扇,远无法满足4G容量需求,需要进一步提升容量。

2.3 支撑5G发展能力不足

5G时代,如果依托现有4G宏站建设5G宏站对校

表3 校园宿舍区域4G容量配置需求预估

参数名称	4G容量 评估参 数取值	参数名称	4G容量 评估参 数取值
人数	7200	DL业务占空比/%	15
中国联通用户渗透率/%	60	DL忙时调度用户数	259.2
中国联通用户数	4320	用户平均速率/(Mbit/s)	5
注册用户比例/%	100	DL容量需求/(Mbit/s)	1296
注册用户数	4320	DL小区平均吞吐率/(Mbit/s)	50
忙时用户RRC激活率/%	40	DL小区数	25.9
忙时在线用户数	1728		

园宿舍进行覆盖,会存在以下2个方面的问题。

一是5G网络深度覆盖水平无法得到保证。表4是根据5G试验网测得的视线传播LOS、非视线传播NLOS平均无线路径路损。视线传播LOS主要针对宿舍高层,非视线传播主要针对宿舍底层。表5是根据5G试验网测得的砖混结构校园宿舍平均穿透损耗。

表4 1.8 GHz频段与3.5 GHz频段无线路径传播损耗对比

测试点	测试距离/m	LOS路径损耗/dB			NLOS路径损耗/dB		
		1.8 GHz	3.5 GHz	差值	1.8 GHz	3.5 GHz	差值
测试点1	150	89.79	103.11	13.32	106.18	131.04	24.86
测试点2	300	93.57	112.39	18.82	119.15	141.41	22.26
测试点3	500	96.02	118.40	22.38	130.67	147.41	16.74

表5 1.8 GHz频段与3.5 GHz频段穿透损耗对比

场景	穿透损耗/dB	
	1.8 GHz	3.5 GHz
砖混结构	18.3	24.9

以测试距离150 m为例,3.5 GHz频段无线路径损耗较1.8 GHz频段在LOS、NLOS 2种场景分别增加13.32 dB和24.86 dB的损耗;加上在穿透损耗上较1.8 GHz频段增加6.6 dB。3.5 GHz频段合计比1.8 GHz频段增加19.92 dB和34.46 dB损耗。以表1中学生宿舍9栋为例,目前4G底层覆盖水平为-101 dBm,根据上面的推算,5G覆盖水平将低于-128 dBm的最低接入门限,无法实现5G接入。

二是网络容量无法满足5G业务需求。按表3中模型对5G容量需求进行评估,结果如表6所示。在5G按50 Mbit/s的下行速率保障用户感知的情况下,该宿舍区域需要配置16.2个100 MHz带宽的5G载扇。目前宿舍区域一个宏站仅提供3个100 MHz带宽配置的5G载扇,无法满足容量需求,需要进一步加密站址。

表6 校园宿舍区域5G容量配置需求预估

参数名称	5G容量评估参数取值	参数名称	5G容量评估参数取值
人数	7 200	DL忙时调度用户数	259.2
中国联通用户渗透率/%	60	用户平均速率/(Mbit/s)	50
中国联通用户数	4 320	5G带宽/MHz	100
注册用户比例/%	100	上下行配比	3:7
注册用户数	4 320	DL容量需求/(Mbit/s)	12 960
忙时用户RRC激活率/%	40	DL小区平均吞吐率/(Mbit/s)	800
忙时在线用户数	1 728	DL小区数	16.2
DL业务占比/%	15		

3 面向5G时代4G校园网布局新策略

3.1 传统校园网布局策略分析

根据本文第2章的分析,主要依靠宏站对校园网进行覆盖,既无法满足4G深度覆盖和容量需求,也无法支撑5G网络的发展。要解决该问题,需要通过加密站址布局来提升网络覆盖水平和网络容量。

目前针对校园网站址加密通常采用建设宏站、建设微站、建设室分3种方式。宏站对覆盖提升效果好,但干扰控制难度大,无法密集布局,对网络容量提升有限,因此只适用于一些网络负荷较低的校园;微站虽然干扰控制相对容易,可密集布局,但因发射功率受限导致其覆盖范围小,对建设精准性要求很高,站址稍有偏差就可能无法达到预期效果;建设室分在覆盖效果和容量提升上是3种策略中最好的,但建设投资较大,同时存在器件较多、后期维护工作量大的问题。因此需要找到一种新的校园网站点布局策略,既能有效提升网络覆盖水平,同时也能大幅提升网络容量,同时又能实现相对低廉的造价。

3.2 校园网精准滴灌布局新策略

针对以上问题,本文提出“精准滴灌、多点覆盖”的校园网布局新策略。

精准滴灌指的是通过采用指向性较好的特殊天线对宿舍进行精准覆盖;多点覆盖指的是通过控制天线覆盖范围和网络干扰,实现网络的密集布局,从而达到提升容量的目的。

本文采取射灯大张角美化天线,与普通板状天线不同的是,其水平半功率角仅为20°左右,垂直半功率角达60°(见表7)。这种天线一方面适合在水平方向上密集布局,提升网络容量;另一方面在垂直方向上

能量比较集中,能有效避免塔下黑现象,适合提升楼栋底层深度覆盖(见图2)。采用宏站RRU作为射灯天线信源,避免微站发射功率不足的问题。

表7 大张角射灯天线参数

参数	取值	参数	取值
工作频段/MHz	1 710~2 690	垂直面波束宽度/°	60
极化方式	±45	前后比/dB	≥23
增益/dBi	13	隔离度/dB	≥25
水平面波束宽度/°	20±5		

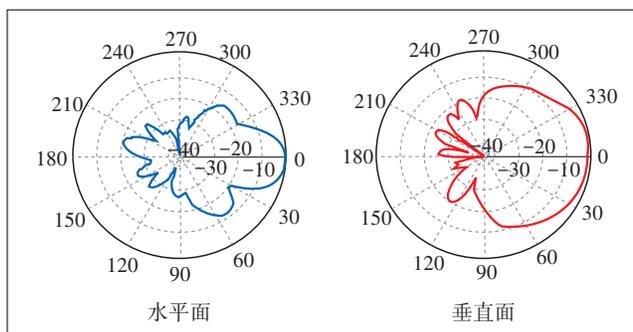


图2 大张角射灯天线方向图

根据“精准滴灌、多点覆盖”策略,对图1中宿舍区网络布局改造如下。

a) 所有宿舍楼顶建设射灯大张角天线,共计16副天线。射灯天线倾角优化调整为30°,利用其垂直半功率角大的特性,以精准滴灌的方式覆盖本楼下面宿舍和对面楼宇宿舍。

b) 针对“一”字型宿舍采取1.8 GHz+2.1 GHz异频交错布局的方式控制干扰;针对“回”字型宿舍通过控制覆盖范围,将信号收缩在宿舍内部避免外泄。

c) 该区域改造后共配置16个20 MHz带宽配置4G载扇(1.8 GHz 20 MHz×8+2.1 GHz 20 MHz×8)和8个10 MHz带宽4G载扇(1.8 GHz 10 MHz×8),折合20个20 MHz带宽4G载扇,相比原容量配置大幅提升,基本满足第2章中对容量评估的需求。

完成改造后的网络布局如图3所示,其中红色箭头表示安装1.8 GHz RRU,白色天线表示安装2.1 GHz RRU。

3.3 4G网络覆盖实测结果

采用“精准滴灌、多点覆盖方式”对网络布局进行改造后,该区域整体覆盖RSRP水平得到较大提升。从MR指标来看,-85 dBm以上MR采样点占比提升约7个百分点(见图4)。

从现场CQT结果来看,该区域共9栋宿舍底层平



图3 “精准滴灌、多点覆盖”方式校园网布局

均RSRP从-99.1 dBm提升到了-84.4 dBm,提升14.7 dBm;平均SINR从10.3 dB提升到20.8 dB,提升10.5 dB(见表8)。

以学生宿舍9栋为例,改造前底层平均覆盖水平为-101 dBm,改造后达到了-84 dBm。整体覆盖提升17 dBm。

3.4 网络容量提升效果

提取网络布局改造完成前、改造后各一周晚忙时指标(见表9)。无论从吸收流量、网络负荷还是用户感知,都得到较大提升和改善。其中日均流量从1.56

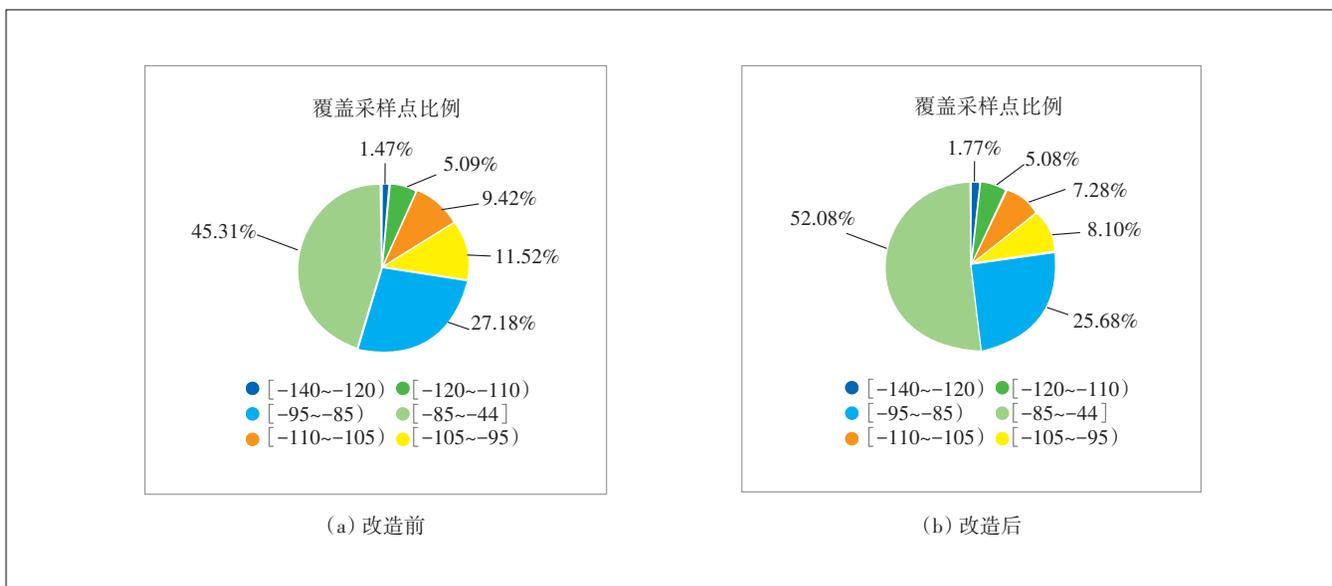


图4 MR指标前后对比

表8 校园宿舍区域网络布局改造后底层4G覆盖情况

楼宇名称	改造前4G RSRP/dBm	改造前4G SINR/dB	改造后4G RSRP/dBm	改造后4G SINR/dB
学生宿舍1栋	-100	13	-79	19
学生宿舍2栋	-97	7	-83	16
学生宿舍3栋	-96	13	-88	20
学生宿舍4栋	-100	10	-89	21
学生宿舍5栋	-97	10	-80	21
学生宿舍6栋	-100	10	-83	21
学生宿舍7栋	-99	14	-86	22
学生宿舍8栋	-102	11	-88	24
学生宿舍9栋	-101	5	-84	23
平均值	-99.1	10.3	-84.4	20.8

TB增加到2.17 TB,增加51.9%;忙时下行PRB利用率从75.6%降至47.4%;下行用户感知速率从2.9 Mbit/s提升到了7.5 Mbit/s。

3.5 5G覆盖效果仿真

表9 网络布局改造前后晚忙时指标对比

指标	改造前	改造后
日均总流量/TB	1.56	2.37
忙时平均下行PRB利用率/%	75.60	47.40
下行业务平均速率/(Mbit/s)	2.90	7.50
平均CQI	9.60	12.40

依托现有射灯天线部署5G AAU,采用Rayce射线模型对5G深度覆盖效果进行仿真。仿真参数如表10所示。

从仿真结果来看,5G RSRP≤-105 dBm采样点仅占5.58%,其余区域覆盖水平均高于-105 dBm,平均深度覆盖RSRP达-97.17 dBm,完全满足5G深度覆盖需求。

3.6 “精准滴灌”策略与传统策略对比

从覆盖提升、干扰控制、容量提升、建设难度、建设造价、后期维护等6个方面对宏站、微站、室分、精准

表 10 5G 仿真参数表

3.5 GHz NR 参数		取值
场景	系统带宽/MHz	100
	子载波带宽/kHz	30
	传播模型	Rayce 射线模型
	人体损耗/dB	3
	OTA/dB	4
	穿损/dB	24.9
	阴影衰落余量 LOS/dB	8
阴影衰落余量 NLOS/dB	9	
基站	发射功率/ dBm	53
	RS 发射功率/ dBm	17.8
	天线增益/dBi	24
	噪声系数	3.5
	馈线损耗/dB	0

滴灌策略对比如表 11 所示。

表 11 集中校园网站址布局策略对比

	宏站	微站	室分	精准滴灌
覆盖提升	较好	较好	好	好
干扰控制	困难	较好	好	好
容量提升	一般	好	好	好
建设难度	困难	较易	较易	较易
建设造价	一般	较高	高	较高
后期维护	容易	容易	较难	容易

网络覆盖提升方面,室分和精准滴灌策略对深度覆盖提升效果最好。宏站因为无法密集布局导致在基站覆盖边缘深度覆盖效果一般,微站主要是由于发射功率较小,影响了其覆盖效果。

干扰控制方面,宏站发射功率大,其使用的普通板状天线水平半功率角较大,干扰控制困难。精准滴灌策略因使用了方向图比较特殊的大张角天线,有效控制了覆盖范围,其在干扰控制上与建设室分基本一致。

容量提升方面,宏站因干扰控制困难无法密集布局,无法大幅提升热点区域网络容量。其他3种方式在提升容量效果上基本一致。

建设难度方面,从目前的实际建设情况来看,宏站建设难度最大。其他3种方式因外观比较隐蔽,物业协调难度相对宏站较为容易。

建设造价方面,室分建设投资除信源外,还有分布系统投资,因此造价在4种方式中最高。宏站因无法在校园网中密集布局,造价是几种方式中最低的。微站和精准滴灌策略在造价上基本一致,比宏站高,

比室分低。

后期维护方面,室分因涉及大量有源、无源器件,长期运行后出现故障概率比另外3种方式都高,另外3种方式因为组成结构简单,出现故障几率比室分小得多。

综合考虑,校园网精准滴灌布局策略具备较大优势,可在热点院校进行推广实施。

4 总结

通过前面的分析,面向5G时代的4G校园网布局策略总结如下。

a) 目前主要依靠宏站方式对校园网进行覆盖,既无法满足4G深度覆盖和容量需求,也无法支撑5G网络的发展。要解决该问题需要通过加密站址布局来提升网络覆盖和网络容量。

b) 传统采用宏站、微站、室分对校园网进行加密建设的策略,无法同时兼顾覆盖、干扰、容量、造价,需要探索新的校园网站点布局策略。

c) 采用“精准滴灌、多点覆盖”策略可以较好地解决目前4G校园网存在的深度覆盖和网络容量问题。该策略也可满足后续5G校园网对深度覆盖和容量的需求。

参考文献:

- [1] 付有奇,刘琪. LTE网络承载能力分析研究[J]. 现代电信科技, 2015(3):11-15.
- [2] 张守国,张建国,李曙海,等. LTE无线网络优化实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2014.
- [3] ERIK DAHLMAN,STEFAN PARKVALL,JOHAN SKOLD. 4G移动通信技术权威指南[M]. 2版. 北京:人民邮电出版社,2015.
- [4] 陈杨,杨芙蓉,余扬尧. 5G覆盖能力研究[J]. 通信技术,2018,51(12):2866-2873.
- [5] 吴俊卿. 5G通信系统深度覆盖分析与研究[J]. 移动通信,2019,43(4):57-62.
- [6] 陈春美. 从4G通信技术发展看5G[J]. 数字通信世界,2019(1):125.
- [7] 崔建弘. 5G网络在校园网应用场景中的研究[J]. 数码世界,2017(11):228.
- [8] 骆文彬. 5G时代下智慧校园与泛校园网的建设和应用[J]. 数字化用户,2019,25(6):11.

作者简介:

李源,工程师,硕士,主要从事移动网络规划工作;李鹏来,工程师,学士,主要从事移动网络建设管理工作;彭方生,工程师,学士,主要从事移动网络优化工作。