

三、项目研究总结报告

1 创新点

1.1 选题开拓性

无线通信是通过电磁波进行通信，而频率越高，频率上所携带的资源就越庞大，从而实现的传输速率就越高。但是频率越高，电磁波波长就越短，衍射能力就变弱，就越近似为直线传播。电磁波频率越高，在传播介质中的损耗也越大。如果移动通信使用了高频段的 5G 信号，相应的传输距离相较于 4G 将大幅缩短，覆盖能力也将大幅减弱。覆盖同一个区域，5G 基站的需求将会比 4G 基站多十到百倍。过去的无线通信方式以小区分裂模式为主，但是随着 5G 基站覆盖半径的减小，宏观下的小区分裂很难进行，所以需要在室内外热点区域密集部署小功率的基站，即超密集组网。基于以上原因，在使用高频率 5G 信号的前提下，为了减轻网络建设成本方面的压力，微基站的使用必不可少。通过 5G 基站“宏+微”的模式，可以实现热点地区大部分区域的信号覆盖。但是 5G 微基站的覆盖半径只有几十米，而且高频电磁波传输距离近，传输损耗大，所以 5G 基站选址将成为一个关键性问题。

1.2 数据处理真实性

相较于其他的通讯基站选址研究，往往是建立一个理想的布局环境，且选址成本由于基站的单一性和布局环境的理想性而毫无研究性可言，而我们的项目从中南大学南校区边缘轮廓点的收集，南校区内部建筑物、湖泊、操场等公共设施边缘轮廓点的收集，都是从权威的地图网站上下载的 XML 文件数据，通过专业的地理信息软件 Arcmap 进行处理得到精确的经纬度数据，再通过中期报告里面总结的经纬度转换直角坐标信息算法进行了从 WGS-84 坐标系到国家-80 坐标系的转换，当中同时也用到了七参数和四参数转换算法，以降低坐标转换时的误差。经过以上处理便得到了与现实中南大学南校区（如图 1）相似度极高的直角坐标仿真图（如图 2），为此项目的这真实性可行性打下了良好的基础。



图 1 中南大学南校区地图

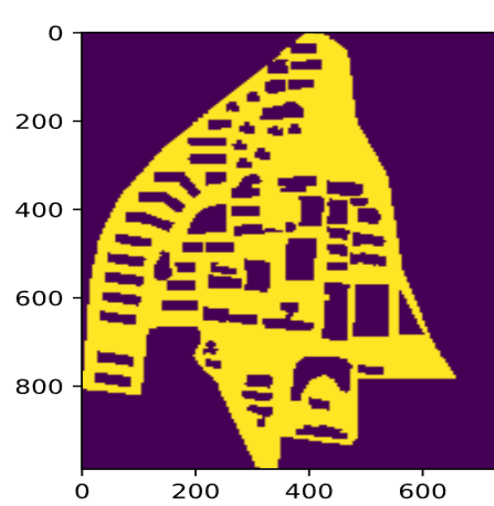


图 2 直角坐标仿真图

此外，我们还考虑了人口密度因素在中南大学南校区基站选址产生的影响，为了收集真实准确的中南大学南校区人流量密度数据，我们在各个路段的分岔口均设置了红外线计数器，记录了 4 月，9 月，11 月三个月份在 23 个主要岔路口（日人流量大于 100）的人流量，即便是在这些 23 个主要的岔路口里面，也存在着极其悬殊的人流量差别，二食堂周围的岔路口以及通往新校的南校出口是人流量最高的区域，日均超过 4.5 万；而由七食堂与 24 栋和 7 栋与八食堂组成的两个快递区——食堂区综合体，日均人流量均超过 2.7 万，每到晚上八点钟，南校操场区域便到处都是喜欢锻炼的中南学子们，操场入口处，日均人流量超过 1.5 万，这些都是值得重点部署的区域，为了真实的模拟实际的情况，我们选用了人口密度等级来量化这一差异，并将它可视化如下：

黄色区域为等级一，人流量密度为最小；墨绿色区域为等级二，人流量密度为中等；浅绿色区域为等级三，人流量密度为较大；黄绿色区域为等级四，人流量密度为最大。

在这之中，等级一区域最大，覆盖了所有区域。等级二区域次之，涵盖了中南大学南校区主要人流活动区域。等级三区域有四个分块，分别为操场，八食堂与 7 栋快递点聚集区域，24 栋快递点聚集区域与七食堂区域，升华公寓出口与二食堂区域。等级四区域为中南大学每日人流量密度最大的二食堂与食堂前面的三岔路口。具体可视化如图 3。

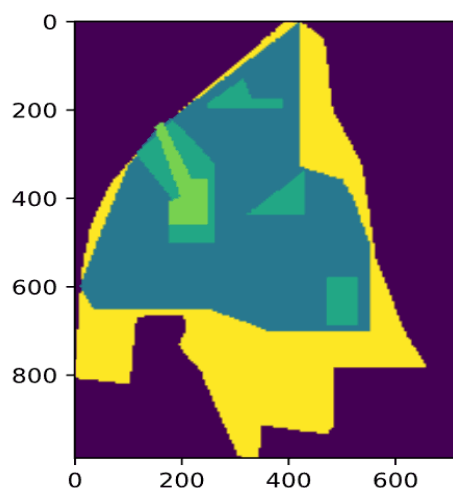


图 3 等级区域可视化图

1.3 算法新颖性

粒子群算法有着只传递最优信息，搜索速度快，具有记忆性，需要调整参数少，机构简单的优点，同时兼备着易于陷入局部最优，缺乏速度调节机制，收敛精度低和不易收敛的特性；而遗传算法有着良好的全局搜索能力、良好的收敛性、计算时间少、具有内在并行性的优点，同时兼备着问题编码困难，对初始种群的依赖性等缺点。

我们配合 5G 选址的新要求，综合了遗传算法和粒子群算法，并加以改进，提出了 PSO_GA 算法，利用 PSO_GA 算法的特性，对 5G 基站选址进行优化，根据中南大学实时地况，考虑人口密度因素，以在可控的最小成本范围内，获得最佳的覆盖率，从而为电信运营商的通讯基站的优化选址提供参考依据。使求解复杂度以及求解结果相较这些算法单独考虑时得到了不同程度的优化。

2 实践意义

在 4G 时代,我们见证了移动互联网是如何从社交,购物,教育,交通等方方面面改变了我们的生活,然而作为 4G 之后的延伸,5G 却有着 4G 难以比拟的特性,其主要特点是波长为毫米级,超宽带,超高速,超低延时。从 1G 到 4G 都是着眼于人与人之间更加方便快捷的通信,但 5G 将让人们能够随时随地与万物互联,让全球真正同步。

无线通信是通过电磁波进行通信,而频率越高,频率上所携带的资源就越庞大,从而实现的传输速率就越高。但是频率越高,电磁波波长就越短,衍射能力就变弱,就越近似为直线传播。电磁波频率越高,在传播介质中的损耗也越大。如果移动通信使用了高频段的 5G 信号,相应的传输距离相较于 4G 将大幅缩短,覆盖能力也将大幅减弱。覆盖同一个区域,5G 基站的需求将会比 4G 基站多十到百倍。过去的无线通信方式以小区分裂模式为主,但是随着 5G 基站覆盖半径的减小,宏观下的小区分裂很难进行,所以需要在室内外热点区域密集部署小功率的基站,即超密集组网。基于以上原因,在使用高频率 5G 信号的前提下,为了减轻网络建设成本方面的压力,微基站的使用必不可少。通过 5G 基站“宏+微”的模式,可以实现热点地区大部分区域的信号覆盖。但是 5G 微基站的覆盖半径只有几十米,而且高频电磁波传输距离近,传输损耗大,所以 5G 基站选址将成为一个关键性问题。

解决好了 5G 基站的选址问题,便是给 5G 时代的信息高速公路铺好了地基,5G 有三大特点:

① eMBB 增强型移动带宽:具体体现为传输速度变快,上传和下载速度以 G 作为单位,云端数据库将会得到大量的应用,几乎所有的数据流资源将实现在线交流。

② mMTC 大规模机器通信:大规模物联网能够得以实现,

③ uRLLC 高可靠低时延:传输数据安全可靠且基本不会有什么延时,自动驾驶得以实现。

具体应用方面:

① 能够实现大规模数据传输的 5G 通信,会导致人类对于信息可视化方式的全面改变,4G 时代普遍通用的 2D 视频流会被 3D 全息投影取代,支持云 VR/AR 的 5G 通信方式会解决视觉,听觉传输质量问题,以及物理传输距离问题,让虚拟现实真正成为现实。

② 人工智能驾驶:高可靠和低时延解决了安全问题,而万物互联感应则可以提供数据,众多车辆的出行数据和红绿灯,将会得到云以及大数据的统一分析和控制。自动驾驶将会是一个比人类自行驾驶更加可靠的方案。

③ 个人智能设备:针对盲人的智能头盔,可以和其他设备互联,辅助盲人行走,做事等等。

3 社会影响

在上一部分的实践意义方面,提出的具体应用需求都会因为 5G 基站的选址完成而逐步成为现实,规划好一个考虑因素更全面的 5G 基站选址对于国民经济,社会发展都是起着至关重要的作用。

随着疫情的逐步影响,国家已经出台了 40 万亿新基建计划,除了最基本的交通道路设施,还有很大部分的科技基建,科技基建是 5G 的商用,比如智能城

市建设、车联网、自动配送系统等。

2019 年杭州就已在部分区域初步建立了空中无人机自动配送系统，在城市的中心商圈、写字楼、社区，建立了无人机接驳的自动化存储柜。并且用无人机配送车做最后 100 米的配送，初步实现了全城自动化配送，这些都是智慧城市的雏形。作为二线城市的互联网第一城，杭州对于高科技的商用一直走得很靠前，5G 对于社会影响的巨大，从杭州的这些智慧城市的雏形变可见一斑。

4 研究工作中的不足

作为 5G 基站选址研究，我们考虑了真实地形地况的模拟，人口密度因素的量化，5G 信号信道传输损耗模型的构建与损耗的估算等。但是真正深入到基站网络容量的计算，我们却因为不是通信工程的科班出身而采取了简化考量。但是实际上网络容量部分也是值得深挖的，因为 5G 基站区别于 4G 基站便体现在 5G 基站存在的大量的天线传输阵列，且运用了大规模 MIMO 技术，实现了分频复用和分时复用，同时各个部分的传输天线分配给对应的扇区所能覆盖的用户的频道资源亦是需要纳入考量的。但是由于相关信息的封锁，以及这样处理造成问题处理的复杂性会上升好几个量级，我们便采取简化考虑。

5 收获、问题、困难以及建议

5.1 结果收获

我们经过多次仿真测试，得到了宏基站数为 5，微基站数为 20 的基站选址方案，具体展示如图 4。

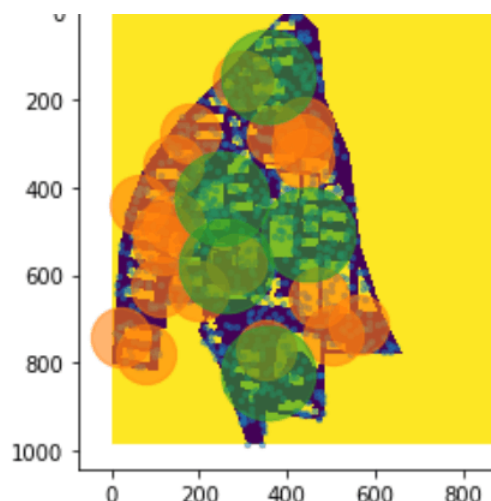


图 4 选址方案图

可以看到在几个重要的人口密度较高的区域，均实现了通讯信号很好的覆盖，且以宏基站为核心部署，周围布置微基站的原则，很好的避免了因为建筑物对毫米波的阻挡而对用户通讯信号产生的影响，实现了热点地区全覆盖。经过计算，我们在这个仿真实验中设定的根据人口密度随机设定的 1000 个覆盖点的覆盖率为 91.4%，基本满足了日常室外 5G 通讯的要求。

5.2 过程收获

在设计基站最初，我们设想通过无人机航拍进行数据采集，通过 3D 建模来获得最真实的校园位置数据，但是实际操作过程中发现，由于无人机在拍摄时候的角度和时间不同，计算机模拟的效果并不好。因为要用无人机对中南大学南校区进行一次完整的航拍，无人机一次续航时间是肯定不够的，而两次航拍时，势必会造成拍摄角度和拍摄背景的不完全一致，最后会导致在计算机进行仿真时出现极大的误差。如图 5 所示

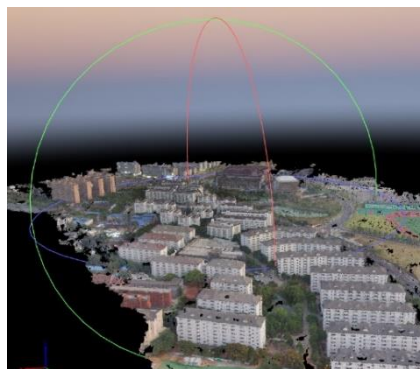


图 5 南校区 3D 仿真图

虽然肉眼无法看出其中的端倪，但是在计算机导出数据的时候，会发现即便是一个建筑物，俯瞰图的四个顶点上下高度都超过了 5 米，并且无法构成一个封闭图形。考虑到如此大的误差，我们便采取别的方式来获取点的数据。于是我们思考从 3D 建模转变为 2D 平面建模，将基站到用户端的垂直距离设定一个常量来考虑。

于是我们获取数据的方式从无人机实地采集转变为从权威网站下载的 XML 文件进行数据提取，再进行整合以及坐标转化得出中南大学南校区的轮廓点以及中南大学南校区内部建筑物、湖泊以及操场的轮廓点。用 python 的 matplotlib 包呈现如图 6。

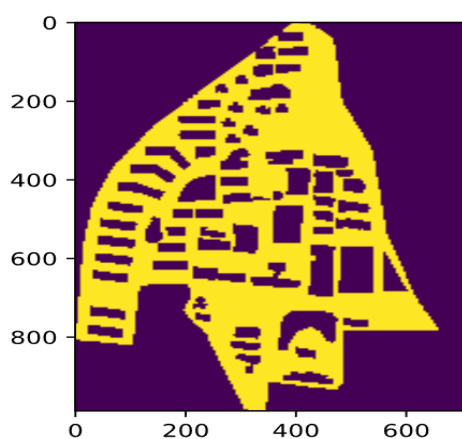


图 6 南校区轮廓图

5.3 遇到的困难

万事开头难，作为拥有资源稀少的大学生想要解决一个工程性问题时，在前期收集数据和寻求方法的过程中，我们遇到了很多阻力，一方面对于权威数据收集这件事毫无经验可以借鉴，另一方面，方法的提出需要我们能够掌控的数据作为支撑。即对于一个工程性问题，作为解决问题的方法，和提供给解决问题的数据，本身就是相互制约的，只有多尝试，明确了我们真正可以采集并且能够落入实用的数据时，根据这个数据而建立起来的方法才有可能被提出和实现。

解决好了数据问题，并且明确了求解目标，问题便解决了一大半，对于算法实现，实际上是对于已知的各种算法的优势合并和劣势舍去的一种考验

仅仅对于本项目而言，数据的准备和目标的明确占据了整个项目实施周期的三分之二，这实在是对于整个项目时间资源利用的极大浪费。

5.4 建议

成立项目需求小组，为项目所需资源的获取提供更加便利的服务。

