**分 类 号 学号 M201672904**

**学校代码 10487 密级**



**硕士学位论文**

**基于Kinect的手势识别系统的设计和实现**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **学位申请人** | **：** | **蔡碧海** |
| **学科专业** | **：** | **计算机技术** |
| **指导教师** | **：** | **张杰** |
| **答辩日期** | **：** | **2018年5月21日** |

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree for the Master of Engineering**

**An Gesture Recognition Tool on Kinect: Design and Implementation**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Candidate** | **：** | **Bihai Cai** |
| **Major** | **：** | **Computer teconology** |
| **Supervisor** | **：** | **Jie Zhang** |

**Huazhong University of Science & Technology**

**Wuhan 430074, P.R.China**

**May, 2018**

**独创性声明**

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

**学位论文版权使用授权书**

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权华中科技大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密□， 在 年解密后适用本授权书。

本论文属于

不保密□。

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者签名： 指导教师签名：

日期： 年 月 日 日期： 年 月 日

摘 要

这是一个华科硕士论文模板，也是一个华科毕业狗的论文写作经验总结。我编写此模板的目的是希望这个模板能够给以后毕业的学弟学妹们在论文写作方面提供一点点帮助。第一次写这么重要的文档也是战战兢兢，如果有疑问，欢迎联系QQ：461453258。资源见Github：<https://github.com/liuweifly/hust-thesis-word>。

具体格式上，我在参考《华中科技大学博士、硕士学位论文撰写规定》的基础上，还参考了历年的Word论文模板和Latex论文模板的格式。在章节的标题和正文的格式上，我把所有文中出现的内容都分门别类编辑成了应用样式，也就是说小伙伴们不需要在纠结调节字、居中等等问题，直接根据不同的内容刷应用样式就可以了。对于公式、表和图片的题注，我是采用引用中“插入题注”的功能，在应用题注时采用的是“交叉引用”的功能，这样的好处是你再也不需要来回的计算表x.x或者图x.x了，也不需要因为删除一张图片而对每张图片的编号大动干戈。还有，最头疼的参考文献，我是采用NoteExpress插件做参考文献的插入的，它的用法稍微有一点点麻烦，但是当你学会了后引用参考文献绝对是so easy！绝对是终极精华总结，说不定你会爱上他呢，之后会详细介绍啦。

**关键词：**华科，硕士毕业论文，Word，模板

Abstract

英文摘要，应用格式“宋体小四”

**Key words：**HUST, Thesis, Word, Template

目 录

[摘 要 I](#_Toc510620276)

[Abstract II](#_Toc510620277)

[目 录 III](#_Toc510620278)

[1 绪论 1](#_Toc510620279)

[1.1 研究背景 1](#_Toc510620280)

[1.2 几种手势识别技术 2](#_Toc510620281)

[1.3 论文的内容和意义 3](#_Toc510620282)

[1.4 国内外研究现状 5](#_Toc510620283)

[1.5 国内外研究现状 9](#_Toc510620284)

[1.6 论文组织结构 11](#_Toc510620285)

[2 相关技术概述 13](#_Toc510620286)

[2.1 深度图像下的手势分割技术 13](#_Toc510620287)

[2.2 手势轨迹识别技术 15](#_Toc510620288)

[2.3 本章小结 17](#_Toc510620289)

[3 手势图像数据的获取和处理 18](#_Toc510620290)

[3.1 基于Kinect的需求分析 18](#_Toc510620291)

[3.2 图像数据的获取 18](#_Toc510620292)

[3.3 图像获取的模块设计 21](#_Toc510620293)

[3.4 图像数据的处理 21](#_Toc510620294)

[3.5 图像处理的模块设计 22](#_Toc510620295)

[3.6 本章小结 22](#_Toc510620296)

[4 手势识别模块的实现 24](#_Toc510620297)

[4.1 手势轨迹的获取 24](#_Toc510620298)

[4.2 DTW算法核心技术 24](#_Toc510620299)

[4.3 基于DTW算法的手势识别的实现 24](#_Toc510620300)

[4.4 本章小结 24](#_Toc510620301)

[5 系统框架搭建和测试 25](#_Toc510620302)

[5.1 软件系统的实现框架 25](#_Toc510620303)

[5.2 几种手势的应用场景 25](#_Toc510620304)

[5.3 手势识别过程分析 25](#_Toc510620305)

[5.4 本章小结 25](#_Toc510620306)

[6 总结与展望 26](#_Toc510620307)

[6.1 总结 26](#_Toc510620308)

[6.2 展望和改进 26](#_Toc510620309)

[致谢 27](#_Toc510620310)

# 绪论

## 研究背景

2015年5月，国际电信联盟（International Telecommunication Union，ITU）公布了《2015年信息与通信技术数据》，报告称3G网络覆盖率在过去5年间快速提高，由2011年的45%到2015年的69%，城市人口覆盖率达到89%。中国电信每个月都会在其官网上公布其移动用户数。2015年，电信全国3G/4G 用户数由11863万增至14313 万，增幅为20.3%。其中4G 用户数由708万增至5846 万，增幅为725.7%。以上数据说明，移动通信技术经历了前两代的发展，3G/4G业务正在快速增长。

随着3G/4G业务在我国的迅速普及，人们对于网络质量的要求也越来越高。网络覆盖和网络质量是移动通信网络运营中的重要部分，网络的优化质量直接决定了移动通信网络的好坏，因此移动通信网络运营商非常重视网络优化工作。做好网络优化工作可以维持或者提高网络质量，进而在用户数和周围环境不断变化的情况下，持续提供更好的用户体验，来保证在移动通信竞争环境中保持住有力地位。

移动通信网络优化是通过对入网的设备进行数据采集和分析，找到网络中存在的问题和造成问题的原因，然后通过对网络设备参数或者通信系统参数的优化和调整，使网络性能最佳[1]。通常网络优化包括两方面要求：解决问题和提高性能。解决问题主要是针对网络中发现的问题和故障提出有效方法加以解决和排除。提高性能是对网络中可能正常运行但是指标较差的情况，通过调整参数优化配置等方式来提高网络性能[2]。

移动通信网络具有较强的地理空间特性，因此在进行网络优化时结合地理位置进行具体分析才有更多的现实意义。目前一些常规的网络指标分析软件与网络优化软件，大多是面向某个单一领域，没有将测试的指标数据与地理空间进行关联，更难以对网络性能指标在地理空间上做更高级的分析。而目前被广泛使用的地理信息系统（GIS）则为移动通信领域提供了一个新的视角，可以将移动通信的网络指标在空间和时间两个维度上进行结合，以直观的空间视图界面展示业务的地理空间分布和随时间变化趋势[3]。同时，通过在空间和时间上的联合分析，可以找到更多影响网络质量的细节，为最终网络优化的决策提供更加丰富的信息。

基站记录有用户详细的网络数据和用户话单记录，利用这些数据结合大数据计算进行相应的分析，可以比较实时高效地检测网络的运行状况，并及时发现问题和定位原因。云计算平台Hadoop可以用来解决大数据面临的存储和计算问题[4]，目前Hadoop主要应用于国外的Google、Facebook和国内的腾讯、阿里等互联网公司，但是在移动通信运营商中应用较少。

该论文所设计的移动通信网络覆盖性能测试工具，采用Hadoop云计算平台实现了对基站的话单数据的实时存储，并且结合相应的话单定位算法可以高效地完成对话单数据进行定位处理，得到每个话单发生的时间位置和信号质量信息。最后，结合地理信息系统，可以在地图上展示出信号质量和话务量在空间和时间维度上的分布，并通过后续的分析可以找出地图上的弱覆盖和高负载区域，这些信息对于移动通信网络优化具有重要的参考意义。

## 几种手势识别技术

### 静态手势识别技术

### 动态手势识别技术

这是正文。

为了保持格式的一致性，强烈建议取消word程序的“格式跟踪”功能。设置方法：点击菜单“文件|选项”，调出“选项”对话框，在“高级|编辑选项”页，取消勾选“保持格式跟踪”。

另外，建议设置文件自动保存。设置方法：点击菜单“文件|保存”，调出“选项”对话框，在“保存”页，设置自动缓存文档间隔1分钟。

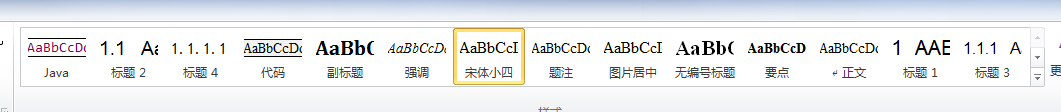


图 1‑1 应用样式列表

对于所有的标题样式直接点击图 1‑1对应样式更新，其中一级标题的样式是“标题1”，二级标题的样式是“标题2”，以此类推。并且每个标题都是自动编号的。

对于正文的样式，直接选择正文，然后点“宋体小四”，这样样式就变成正文的样式。

下面介绍其他的样式：

* Java代码、代码样式：这是java代码、伪代码的样式；
* 题注样式：这是给题注用的样式；
* 图片居中：图片使用此样式可以使图片居中显示；
* 无编号标题：这是给诸如摘要、Abstract、目录、致谢等标题使用的样式，该样式的标题没有编号。

## 论文的内容和意义

对于图片、表格、公式比较烦人的就是题注和交叉引用了。

### 论文选题的内容

放置完图片后，点“图片居中”样式，图片居中显示。

点击菜单“引用”中的“插入题注”就可以为图片添加题注了。题注有专门的应用样式“题注”。如图 1‑2，点击“引用”中的“交叉引用”可以完成对图片的引用。这样引用的好处是，如果图片的编号发生变化了，全选文字然后按F9更新域，所有的编号（包含目录）都会自动调整。



图 1‑2 这是题注

如何在一行同时添加三张图片呢？

如图 1‑3，我的做法是：

1. 插入一张2行3列的表格
2. 在第一行的表格中放入图片，在第二行的表格中放入对应的题注
3. 隐去边框

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Users\Jasper\Desktop\chapter03\1point.png | C:\Users\Jasper\Desktop\chapter03\2point.png | C:\Users\Jasper\Desktop\chapter03\123point.png |
| (a) 图片1 | (b) 图片2 | (c) 图片3 |

图 1‑3 一行同时添加三张图片

### 系统设计

表 1.1 表格的题注

|  |  |
| --- | --- |
| 在应用中点“插入题注”添加题注 | 如果没有“表”的标签，则需要自己创建 |
|  |  |

(1.1)

表格如表 1.1，公式如公式(1.1)，公式直接复制过去使用，公式的编辑使用Word2010自带的公式编辑器，用它编辑公式很方便的。

### 论文选题的意义

本文的研究目的是设计并实现一个基于地理栅格的蜂窝网络覆盖性能分析的工具。本文处理的数据是某运营商在某一地区一段时间内的PCMD （Per Call Measurement Data）数据。本文所做的主要工作如下：

1. 通过Hadoop分布式处理平台对PCMD数据进行存取，生成栅格数据。PCMD数据记录的是每天通话记录的情况，包含通话时间、信号质量、基站编号、往返时延等基本信息。其中对PCMD中的基站编号和往返时延采用定位算法进行计算，可以得到每条通话的具体位置。由于PCMD 话单数据量巨大，一个月某省就能生成几十亿条话单数据，采用Hadoop 平台可以高效地对这些数据进行存取和计算，生成的栅格数据。
2. 将蜂窝网络的信号覆盖和话务负载信息以栅格图的形式进行展示。要更好地基于地理位置展示蜂窝网络的信息，需要将地理空间细分为若干个100m\*100m 的栅格。Hadoop平台生成的栅格数据包含具体位置、信号质量、话务量、时间戳和日期等信息，具体位置指栅格的ID，信号质量指某一时间段内在该栅格发生的所有通话的信号质量的平均值，话务量指某一时间段内在该栅格中发生的所有通话的数量，时间戳和日期是标记某个具体时间段。根据之前已经计算好的每个栅格的信号质量和话务量信息，根据值的大小在底图进行染色，最后生成信号覆盖和话务负载的栅格图。
3. 对蜂窝网络的信号覆盖和话务负载信息单独进行处理和分析，分别找到分析地区在该时间段内的弱覆盖区域和高负载区域。弱覆盖区域是指信号质量低于某一分析阈值的区域，高负载区域是指话务量高于某一分析阈值的区域，两个阈值都允许用户手动输入。通过数据分析，找到栅格数据中信号质量低于某一阈值的栅格，调低染色的透明度，并调高正常区域的染色透明度，在栅格图中重点突出显示弱覆盖区域。同理，突出显示高负载区域。
4. 对蜂窝网络的信号覆盖和话务负载进行联合统计与分析，统计出同时存在弱覆盖和高负载栅格的比例，并且在栅格图上重点展示此类栅格的位置。通过分析这些栅格点与基站距离之间的关系对此类需要优化的栅格点进行分类，针对基站能覆盖到的栅格点，通过调整基站参数结构、天线倾角等方式来优化；针对基站覆盖不到的栅格点，通过增建基站或者放置直放站的方式来优化。

## 国内外研究现状

我是使用工具NoteExpress添加参考文献的，NE可以在华中科技大学图书馆网站下载，网址<http://www.lib.hust.edu.cn/DBView.aspx?id=40&Tab=1>。 NE安装后，会在Word中出现NE插件按钮，如图 1‑4。



图 1‑4 Word中的NE插件

NE的界面如图 1‑5，首先要做的工作就是把你引用的参考文献都添加进来。其中中文的参考文献添加很方便啦，直接使用界面中的“在线检索”中的知网数据库搜索，之后直接添加相应文献的题录。英文参考文献会稍微麻烦点，首先要点开谷歌学术（有可能需要翻墙），搜到相应的文章点击“引用”，保存为EndNote格式文件。

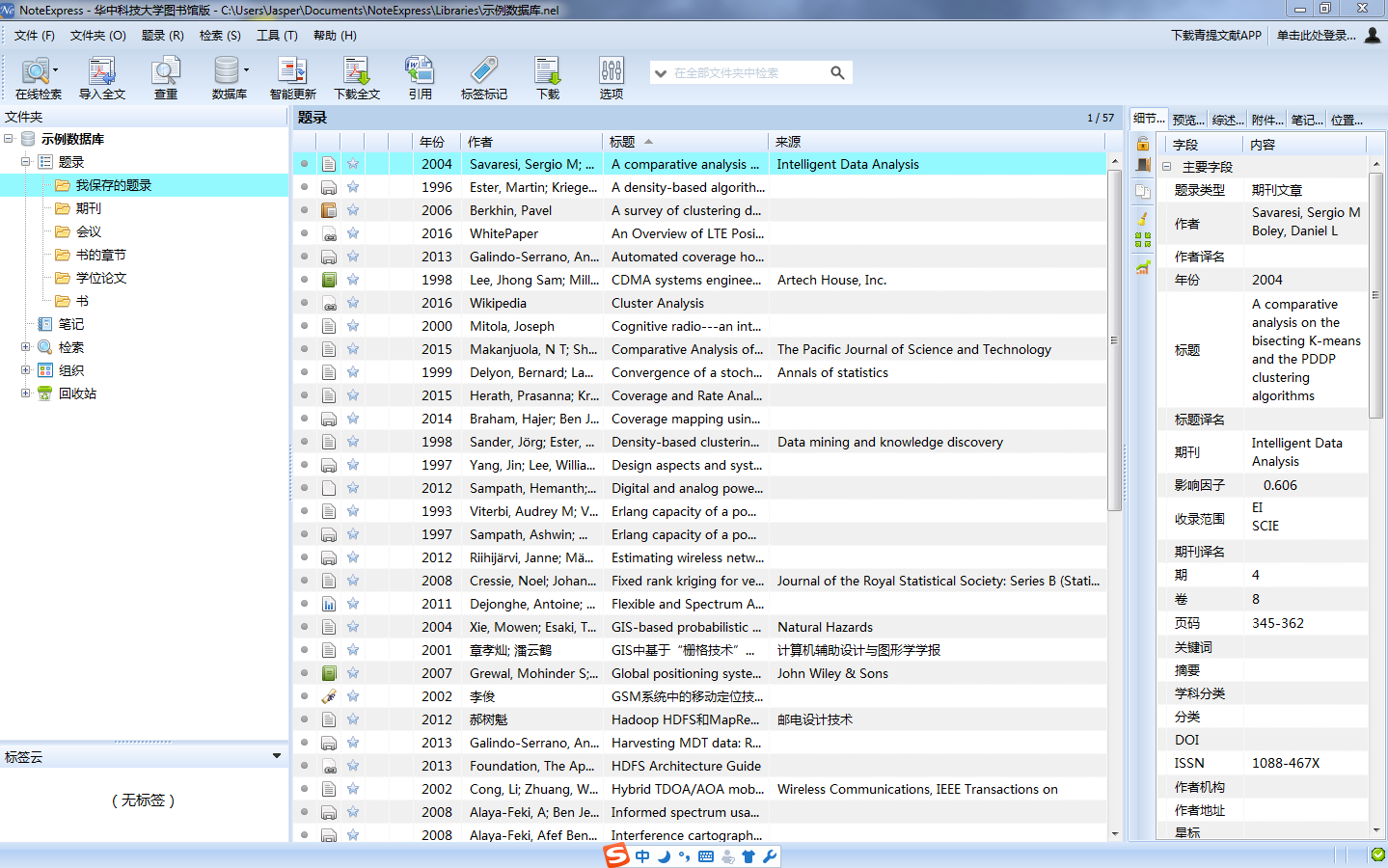


图 1‑5 NE界面



图 1‑6 在谷歌学术上找到相应的文献点击“引用”

然后在NE中导入该文件到你之前添加参考文献的题录中。点击“文件”中的“导入题录”，出现如图 1‑7界面。注意选择“当前过滤器”为“EndNote Import”，选择好存放位置，然后点击“开始导入”，题录的enw文件需要一个个导入。这样，你引用的英文参考文献就在你的NE中了。如果引用的文献在谷歌学术上也没有找到，那就需要你自己制作题录了，自己谷歌下方法吧 ，很简单的。

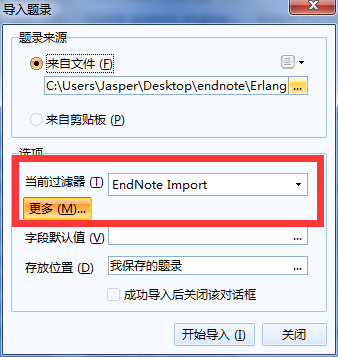


图 1‑7 导入题录

下一步，在论文需要添加参考文献的地方，点击如图 1‑8“插入引文”，然后你会发现参考文献的编号就会神奇的出现在你的文章中了，在文章的末尾就会出现你引用参考文献了。这时，你会觉得高兴，可是过了一会儿，你可能又会发现不对劲，发现参考文献的样式和学校要求的不一样。那参考文献的样式可不可以修改，当然可以了，点击NE“工具”中的“样式”中的“样式管理器”导入样式。我已经根据学校参考文献的规定编辑好相应的样式规范*hust-thsis.nes*，导入即可。

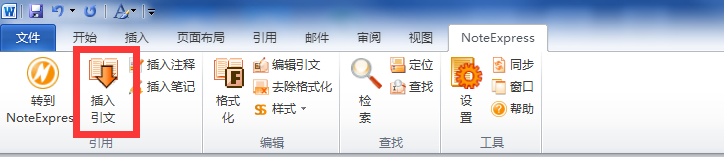


图 1‑8 点击“插入引文”

这里有个小的tip，在图 1‑8页面，点击设置可以“设置”，可以设置插入引文的快捷键Alt+1。在参考文献添加完成后，还需要对标题Reference进行调整，把它改为中文的“参考文献”，并且应用格式“无编号标题”。

## 国内外研究现状

### 网络优化技术和工具

随着移动网络技术不断的升级换代，移动通信网络分析和优化技术也需要不断去创新以提高网络检测的效率。传统的网络分析方式非常依靠人力，例如路测需要用专业的车辆和设备去采集相关数据，并且需要相关专家对数据做专业的分析。所以路测是比较低效的解决方法。为此，3GPP（the 3rd Generation Partnership Project）在其第9版标准[5]中已经包含了MDT（Minimization of Drive Tests），因此使用此版本网络通信标准可以显著降低成本。MDT的基本概念是用户的终端（the User Equipment, UEs）可以根据操作请求向网络报告它们的地理位置。传统的UE的测量和MDT的主要区别在于：传统的UE 是基于小区基站得到的地理位置，而MDT是基于用户终端的GPS技术得到的地理位置[6]。运营维护人员可以直接利用这些数据进行网络操作管理和优化任务。同时，研究人员也可以利用这些定位数据进行网络预测，进而为用户提供更好的网络质量。

为了建立一个准确和可依赖的覆盖地图，文献[7]提到一种从统计学借鉴来的空间插值技术Kriging[8]。 这种技术依赖于所测的数据的相关性并且可以在感兴趣的区域绘制出一个完整地图。在一些论文中应用Kriging技术[9]去做覆盖地图预测。在许多文献[7, 10, 11]都研究Kriging和它的一些衍生技术来进行覆盖预测。

在文献[11]，Galindo-Serrano等提出无线环境地图（Raido Environment Maps, REM）的方法用来解决蜂窝网络覆盖盲区检测的问题。REM对那些有地理位置的数据应用了空间差值的技术来得到真实的地理数据。这种方式可以自动鉴别覆盖盲区的数量、位置和形状。REM 可以对覆盖盲区的检测和预测效率都会有提高。

Milola提出在文献[12]提出地理位置的数据信息需要位置/环境信息。REM存储了地理位置信息、移动通信网络测量数据、环境信息以及过去的数据。在文献[13, 14]中，作者提出一种网状的REM结构，IC（Interference Cartography），这种结构中的点是方形栅格（比如像素点）。该方法的主要观点是：

1）用收集得到的带有地理位置的测量数据来预测未测量位置的测量数据；

2）测试未测量位置来提高预测的质量。

然而算法的复杂性随着测量点数数目的增加成指数增长O(N3)，N是测量点的数目）。在文献[15]中提到的FRK （Fixed Rank Kriging）是Kriging的一种变型，它的算法复杂度为O(NR2)，R是由用户定义的“固定等级”。在文献[16, 17]，该算法被用于覆盖预测。在仿真和实际测试的性能评估中，FRK均被证明在算法复杂度和预测准确度之间实现了非常好的平衡。

但是之前的这些工作大多是建立在移动终端可以准确定位的理想情况下的。然而，文献[18]中指出使用GPS定位的误差在5m到30m范围内，而在文献[19]中说明基于无线网络度量的定位技术误差在50m到300m。这都说明定位的不确定性降低了覆盖预测的准确性。

在文献[20]中，A. Palaios等人提出通过采用多种测量数据来提高定位的准确度和减少定位的误差。这种定位的方式是通过适当地组合不同传感器测到的结果，这种方法虽然能够得到不多的结果，但是显然不适用于用MDT特性测量的情况。在文献[21]中，作者Braham等人提出了通过扩展FRK算法来处理定位不准确的问题。在预测和校准模型中，在FRK模型中定位的不准确性影响了函数的均值和协方差。该文献的主要贡献是1）通过在模型中引入定位的不确定性，作者比较和研究了最佳线性无偏预测值和条件期望预测；2）引入了SAEM（Stochastic Approximation EM）算法。SAEM结合了随机EM和Gibbs抽样程序来处理大量的计算[22]。Gibbs 算法用并行处理的方法解决了定位概率密度抽样的问题。

至于网络优化工具，国际上的优化系统厂商在全球的无线网络优化市场中占据着较大的市场份额，其中爱立信公司开发的Tems优化系统应该最为广泛[23]。在国内，例如华为、中兴等公司也在开发相应的网络优化软件，但是开发的优化软件虽然在最近几年已经取得了长足的进步，但是还是存在一定的问题，首先在网络优化的实践过程中仍然需要人工参与，缺少自动化操作；其次是采用较为传统的数据存储和计算方法，对与海量的通信数据的处理效率不高；最后，仅仅是针对某种特定类型的数据提供处理，优化系统通用性有待提高。

### 地理信息系统

地理信息系统是在计算机软硬件的支持下，采集、管理、检索、分析和描述与地球表面空间位置相关的数据计算机系统[24]。它起步于60 年代，是一门集合了计算机科学、地理学、空间科学、环境科学和遥感测绘学的学科，它采用的基本技术是地理空间数据库技术、地图可视化技术和地理空间分析技术[25]。

近年来，随着科技进步和社会发展，地理信息系统在各行各业已经得到了广泛的应用。在移动通信服务领域，基于GIS的移动空间定位服务已经被绝大多数用户所使用，例如用户使用百度地图APP可以完成定位、路径规划和导航等功能，结合互联网数据，用户通过百度地图还可以找到附近的餐馆、银行。在通信网络的建设和优化方面，地理信息系统也有很多用武之地。在文献[26]中，作者提到使用GIS中的数字高程模型（Digital Elevation Model，DEM）以及其他相关分析方法在多山区域找到最佳建站地址；同时可以借助GIS 的空间数据分析的特点，结合移动通信网络参数和信号的传播模型，可以绘制出信号覆盖的预测图。在文献[27]中，作者通过结合现有的无线电波传播模型和基站辐射理论，提出并实现一种基于GIS的基站选址方案，该方案能够在基站选址时反映基站对于小区、学校和医院的电磁辐射情况，为监管部门在基站审批时提供一个可参考的直观化依据。在文献[28]中，作者提到使用GeoDatabse技术来应对GIS的海量数据存储的问题，并且GeoDatabase还支持多用户并发访问、版本管理和数据动态更新等功能，比传统的文件形式存储和空间数据的表示方法有巨大的优势。

按照空间数据的组织形式，可以将地理信息系统分为两种类型，一种是基于栅格的，另一种是基于矢量的。基于栅格的GIS以栅格元为地理特征的最小单元，并用同一个数据结构存储地理特征的空间位置信息和属性信息；而基于矢量的GIS是以点和线组成的，首先由点构成地理特征的边界，然后由点和这些点连接成的线共同组成对于地理特征的描述[29]，并且在通用的数据库中存储其属性信息，通过数标建立空间位置信息与属性信息的联系[30]。

本论文所研究的工具是基于栅格的GIS的应用，栅格图是由排列整齐的栅格点组成的，每个栅格点都有自己对应的空间位置信息和属性信息。比如栅格图是由a\*b个栅格组成，每个栅格用(x,y)坐标来标示，然后每个栅格的属性值可以通过颜色或者灰度值值进行表示[30]。

## 论文组织结构

本论文由六个章节组成，其组织结构如下所述：

第一章介绍的是本文的的研究背景和意义，介绍国内外有关网络优化常采用的分析方法和工具，之后又介绍了GIS在移动通信网络中的应用现状，并介绍论文的主要解决的问题，最后给出了论文组织结构。

第二章介绍的是网络测量的相关参数和有关话单定位的算法，为之后的章节做铺垫。

第三章首先提出的该分析工具的需求分析和系统框架，然后依次谈到数据获取的流程和各个模块的设计工作，并详细说明了每个模块设置的意义、具体要解决的问题以及具体的执行流程。

第四章首先给出了该工具的交互流程设计，之后展开谈到每个模块的具体实现。对重点环节给出了伪代码和效果图，并且重点阐述了基于地理的覆盖性能模块对于II类目标栅格聚类的具体实现思路。

第五章是对本文所设计和实现的工具进行测试，首先分别对信号覆盖和话务负载模块单独测试，之后再联合测试，并对每一个测试的结果进行结果展示和分析，对最终的测试结果进行评估。该章节验证了本工具的各功能模块达到了预期效果。

第六章对本文进行了总结和展望，首先总结了本文的工作成果，最后客观地分析了本文所实现的蜂窝网络优化方法的不足，同时给出了未来可以改进的方向。

# 相关技术概述

## 深度图像下的手势分割技术

在移动通信系统中，衡量一个网络好坏最重要的要素是覆盖、容量、质量、频谱利用率和传输效率[1]。

### 手掌分割算法

无线网络覆盖是指在一定区域内，无线信号的强度和质量能够为用户提供移动通信服务，称该地区存在无线网络覆盖。移动通信系统的覆盖率和覆盖质量是衡量移动通信网网络质量和服务质量的重要指标[31]。在网络初期的建设和后期的维护期间，网络运营者通过测试、数据采集和分析等手段，来检验网络是否满足覆盖要求。如果不能达到要求，则需要对网络进行覆盖方面的优化。判断移动通信网络是否在某一地点形成覆盖，需要依据一定的测量参数。

对于GSM系统，判断是否存在网络覆盖只需要测试一个参数，即移动台接收电平（Rx\_Power）。一般当Rx\_Power-90dBm视为该地点存在GSM网络覆盖。在CDMA 系统中，与网络覆盖与导频强度（Ec/Io）有关，一般要求Ec/Io-12dB且Rx\_Power-90dBm 且Tx\_Power15dBm，只要这三个条件全部满足，才视为该点存在CDMA 网络的覆盖[32]。

**Rx\_Power：**在GSM系统中，Rx\_Power表示在工作频点上接收的电平强度，该参数直接反映了GSM网络覆盖的水平[33, 34]。CDMA 系统中，Rx\_Power表示在整个1.2288MHz带宽上总的接收功率[35]。该接收功率不仅包括服务小区的信号功率，也包括其他小区的信号功率、接收机热噪声及外界干扰。

**Ec/Io：**Yang在文献[36]介绍Ec/Io指每码片辛哈能量与总功率密度之比。在CDMA 系统中，Ec/Io反映了信号的干扰水平。移动台或者基站均要求信号的Ec/Io必须超过一定阈值才能正确解调。Ec/Io在-10dB 以上时，网络质量可以保持非常良好的水平；当Ec/Io-15dB时，则移动台无法接入网络。一般将Ec/Io-12dB作为满足网络的覆盖的标准。在CDMA系统中，Ec/Io和Rx\_Power 是评价网络前向覆盖能力的指标。

**Tx\_Power：**在CDMA系统中，移动台发射电平Tx\_Power反映网络的反向覆盖能力。CDMA系统对方向链路采用快速功率控制。在反向传播链路不好的情况下，会迅速提高移动台的发射功率，因此移动台的发射功率Tx\_Power可以衡量反向覆盖的水平。当Tx\_Power15dBm时，可认为该地点达到反向覆盖的要求[37]。

### 手掌轮廓获取算法

对于一个移动通信系统而言，除保障覆盖和质量要求外，容量的保障也至关重要。容量优化是网络优化工作中必不可少的一部分，移动给用户数量的增长、用户通信行为的变化、新业务的使用及设备故障灯，都会引起网络的可用容量降低，导致用户尝试接入网络时可用资源分配。因此，为保证移动网络高质量地运行，必须实时监控网络的容量变化，及时发现网络容量不足的问题，并采取相应增扩容量的措施，以满足用户通信的要求。

同时，作为移动通信运营商，在满足用户的话务需求的同时，也要充分合理利用既有网络设备和频谱资源，实现资源利用率最大化，从而达到提供优质服务、节省投资的目的。这也是网络优化的目标和原则。

无线网络的容量体现了移动通信网络提供服务的能力。移动通信系统中，使用无线电波作为信息的传输载体，完成用户终端与基站之间的信息传送。由于无线频谱的资源限制，使得无线网络容量的瓶颈不同于固定网络。固定网络的容量“瓶颈”主要在于交换机的交换能力，而移动通信网络的容量瓶颈则取决于无线频谱的宽度、频率复用方式和调制方式等。

在通信系统中，无论是固定通信系统还是移动通信系统，都用话务量来反映通信业务量的大小，也用来反映网络容量的大小和通信设备的负荷。

在文献[38, 39]提到，话务量的单位是爱尔兰（Erlang，简写为Erl），是为了纪念话务理论的创始人，丹麦学者A. K. Erlang 而命名的。爱尔兰定义为单位时间内信道被占用的时长。如果一个信道在1小时内被全部连续占用，称此时的话务量为1Erl；如果一个信道在1小时内被占用30分钟，称此时的话务量为0.5Erl。

话务量的计算方法为：单位时间内发生的呼叫次数和每次呼叫所占用的时间的乘积[40]。话务量一般用A表示，即

(2.1)

其中，为单位时间内的呼叫次数，为每次呼叫的保持时间。

从话务量的公式可以看出，话务量受两个因素的影响：一个是单位时间内的呼叫次数，用户越多或者呼叫越频繁，话务量就越高；另一个是呼叫保持时间，用户的通话保持时间越长，话务量就会越高。

对于有多个用户的系统，系统的总话务量等于所有用户话务量之和：

(2.2)

其中，中系统的总话务量，为系统中总的用户数量，为平均每个用户的话务量。

值得注意的是，通信网络中各个时段的话务量往往并不是平均分配的，话务量最高的一个小时称为忙时。忙时这一个小时的话务量称为忙时话务量。忙时话务量与全天话务量之比，称为忙时集中系数。忙时集中系数一般在10%~15%之间。

因此，忙时话务量可由下式计算，即

(2.3)

式中，为全天话务量，为忙时集中系数。

在进行网络规划和优化时，一般以满足网络忙时的话务量需求作为规划和优化的目标。

### 手指尖点检测的算法

## 手势轨迹识别技术

在PCMD话单数据中提取用于话单定位的数据，针对每条话单连接基站数目的不同分别采用不同的定位算法。

**COO(Cell of Origin)**定位算法的基本原理是根据移动终端距离基站的距离和扇区的编号来确定移动终端的位置[41]。该论文中使用COO 定位算法对只连接一个基站的话单进行定位。



图 2‑1单点定位示意图

如图 2‑1，P1为小区位置，是小区方位角，是小区半波瓣角60，为小区传播时延换算的接入距离，介于[-,+]的随机数。接入位置以P1为原点，以 方向，半径为r处的位置。

**AOA(Angle of Arrival)**定位算法是基于方向角的两基站定位算法。文献[42]提到，其基本原理是利用移动终端到达两个基站的距离和所在的扇区的编号来计算其具体位置。如图 2‑2：



图 2‑2两点定位示意图

* 两圆相离(d>r1+r2)：d为两小区之间直线距离，以P1为原点，P1、P2连线方向，r1为接入距离；
* 两圆相含(d+r1<r2)：d为两小区之间直线距离，以P1为原点，P1、P2连线方向，r1为接入距离；
* 两圆相交(d<r1+r2)：求出两交点G\_1、G\_2；小区P1、P2的方向角为 和；G1和P1、P2 连线的方位角分别为、；G2和P1、P2连线的方位角分别为、；取角度偏差小的点，即如果，则接入位置为G1，否则为G2。

**TOA(Time of Arrival)/TDOA(Time Difference of Arrival)**定位算法基本思想是找到移动终端距离三个移动终端的交叉点即为移动终端的位置[43]，该方法要求移动终端和基站的时间精确同步。为了测量移动终端的发射信号的到达时间,需要在每个基站处设置一个位置测量单元，为了避免定位点的模糊性，该论文中使用TOA/TDOA 定位算法对连接至少三个基站的话单进行定位，如下图 2‑3。所示：



图 2‑3三点及三点以上定位示意图

* 两圆相离、相含：处理方法同AOA，不再考虑第三点。
* 两圆相交：求出P1、P2圆的交点G1 和G2;求出P3到G1、G2的距离分别为d31 和d32；用P3的接入距离r3进行选取，如果|d31-r3|>|d{32-r3|, 则接入距离为G2，否则为G1。

## 本章小结

本章介绍了网络覆盖分析最新的一些技术以及网络覆盖和网络容量经常用到的一些测量参数，这些参数中部分会在之后的章节中出现。在这之后本章又介绍了地理信息系统的一些概念，重点讲解了下地理栅格产生的背景。最后，本文概要地介绍了下话单的定位算法。

# 手势图像数据的获取和处理

## 基于Kinect的需求分析

Kinect设备很方便的提供了深度图像、彩色图像、红外图像以及人体骨骼数据，这些数据使得开发人员对于人体骨架的25个关节点的坐标信息在摄像机坐标系中的获取和追踪变得十分方便。在微软的Kinect for Windows SDK v2中提供的接口函数中，人的手掌信息是由人体骨骼在手掌区域的3个关节点（手掌心点、手指尖点、手腕点）来确定的，然而这些信息并不能准确的提供手掌和手指的轮廓信息以及指尖点信息，因此本文中对于手势轨迹获取，是使用Kinect获取骨骼坐标点以及深度图像的相关数据，然后进行了一些必要的处理，用以更加方便和准确的获取手掌心点的坐标信息。

本文基于Kinect的骨骼图像和深度图像获取手势信息的流程如图 3‑1所示：首先通过骨骼信息中掌心点在Kinect摄像头三维空间坐标系中的位置，确定其在深度图像中的位置，基于这些信息利用深度阈值法获取手掌区域，然后对获取到的数据再一次结合深度图像进行手掌轮廓的提取，最后基于获取到的轮廓信息进一步分析手掌中心点和手指尖点。

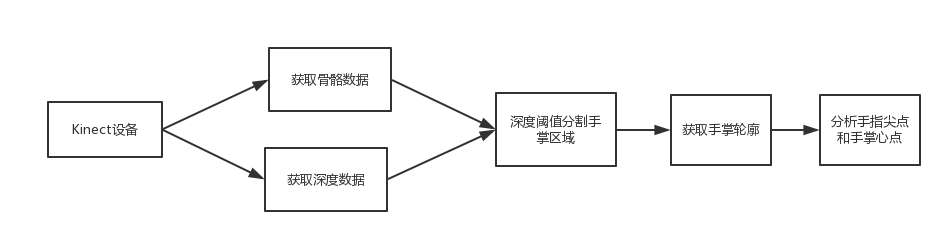


图 3‑1 Kinet图像模块的流程图

## 图像数据的获取

### 利用Kinect获取人体骨骼数据

与2011年微软推出的Kinect 1代相比，Kinect2在数据稳定性上有着非常显著的提升，其中一点就是Kinect对于骨骼数据的获取。Kinect采集了人体25个关节点，如图 3‑2所示：

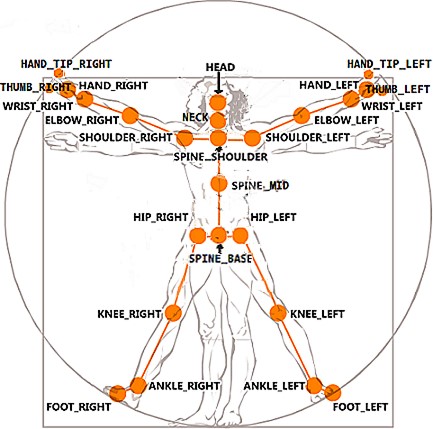


图 3‑2 Kinect2 中获取并追踪的25个关节点信息

并对这些人体的关节点进行追踪。在微软提供的Kinect for Windows SDK v2中，关节点信息是存储在一个叫Jonit的结构体中的，如图 3‑2所示：

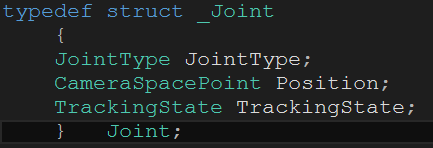


图 3‑3 Kinect SDK中定义的关节点结构体

在这个结构体中存储了三个信息：关节点类型（JointType）、关节点的摄像头空间坐标点（Position）和追踪状态（TrackingState）；另外，Kinect可以最多一次性跟踪6个人体的数据，存放在一个叫IBody的类对象的数组中，从每一个IBody对象出发可以获取到与每个人体相关的骨骼关节点。

在论文中，提取人体骨骼关节点的主要步骤是：

第一步：初始化Kinect传感器（IkinectSensor）结构体指针，打开Kinect设备，做好一系列的准备工作；

第二步：通过获取到的IkinectSensor结构体指针循环获取身体帧数据，提取出身体帧数据源（IBodyFrameSource），并打开身体帧读取器（IBodyReader）；

第三步：根据获取的身体帧读取器获取到各个关节点信息，存放到一个Joint结构体数组中，获取人体的25个关节点；

第四步：读取帧数据并重复第二步和第三步，直到最后程序关闭，关闭Kinect传感器，并释放相关指针所占据的内存空间。

### 利用Kinect获取深度图像数据

Kinect设备的另外一个特性就是可以很方便的物体在三维空间中的深度图像：相较于Kinect1代提供的320\*240的深度图像而言，Kinect2能提供512 \* 424范围的深度图像。由于深度图像的坐标系是一个x轴正方向向右，y轴正方向向下的坐标系，和OpenCV的坐标系统能够十分契合，可以很便捷地在OpenCV将获取到的深度图像数据用窗口显示出来，以便下一步的研究，因此本论文中的设计是将Kinect获取的骨骼数据和三维空间中的深度图数据结合起来进行处理的。

在Kinect for Windwos SDK v2提供的API函数中，获取Kinect中获取深度图像数据和获取人体骨骼数据是相似的，所不同的是，深度图像获取的数据是存储在一个大小为512\*424的一维2字节（16位）数组中，在这个数组中，每一个16位数据代表深度图中对应位置与摄像头之间的距离，那么这个数组中下标参数与对应下标的16位数据值关系是：

设获取的深度图数据用一个数组UINT16[512\*424] depthArray来表示，x表示深度图中的x坐标值，y表示深度图中的y坐标值，那么数组的下标参数为index = y\*424 + x，且depthArray[index]中存储的就是深度图中坐标(x, y)处与Kinect摄像头之间的距离。

获取深度图数据的步骤如下：

第一步：初始化Kinect传感器（IkinectSensor）结构体指针，打开Kinect设备，做好一系列的准备工作；

第二步：通过获取到的IkinectSensor结构体指针循环获取深度帧数据，提取出深度帧数据源（IDepthFrameSource），并打开深度帧读取器（IDepthReader）；

第三步：根据获取的身体帧读取器获取到各个关节点信息，存放到一个512\*424大小的一维2字节（16位）数组中，获取当前时间内的深度数据帧；

第四步：读取帧数据并重复第二步和第三步，直到最后程序关闭，关闭Kinect传感器，并释放相关指针所占据的内存空间。

## 图像获取的模块设计

本论文研究的是基于视频图像的手势识别系统，图像获取是基于Kinect的摄像头，在搭配Kinect for Windows SDK v2的基础上，对Kinect摄像头中人体骨骼帧数据和深度帧数据进行了获取，将获取到的两种数据结合起来，计算出稳定的手掌信息，并对获取的手掌信息进行实时的跟踪。因此比较重要的一点就是图像获取的模块设计了。在本文中，获取图像的流程是基于Kinect SDK的提供的接口函数，对于接口函数中提供的多种数据源进行了整合，主要获取关键的数据，对数据进行了封装。

## 图像数据的处理

### 数据封装

通过微软提供的Kinect SDK能十分方便的获取到人体骨骼数据和深度图数据，在此基础上，本文对获取到的数据进行了封装，以方便后面进一步的研究；首先，将获取到的深度图数据存储到一个二维数组中去，再获取到人体骨骼流数据，提取手掌心点的坐标值，然后将掌心点坐标转换到深度图的坐标系中去，将两者结合起来考虑，这样做的目的是使得z方向上的数据值更加准确。

从程序设计的角度来讲，本文中设计了两个主要的类来存储从Kinect获取到的三维坐标点：HandPoint类和Hand类，HandPoint类；Hand类保存了与手掌相关的信息：（1）手区域中一些关键点的坐标值，这些点有包含手区域矩形的左上角点和右下角点信息、手掌心点、手腕点、指尖点；（2）手掌状态：从Kinect可以获取到手的五种状态，其中包括手掌张开（HandState\_Open）、手掌闭合（HandState\_Close，即握拳）、手指套索状态（HandState\_Lasso，即伸直食指和中指的状态）、未知状态（HandState\_Unknown）、未跟踪（HandState\_NotTracked）（3）手掌轮廓点集合：保存了从手掌区域提取出来的手掌轮廓上的点。

### 手掌模块的提取

对于Kinect获取到的深度数据和骨骼数据，要将手掌区域提取出来才能进一步进行手势识别，因此第一步就是提取手掌区域：由于Kinect对二维图像中手掌区域有优势的地方就是它可以提供二维图像无法提供的深度信息，且二维摄像头往往需要双目摄像头才能提供三维空间上的深度信息，而Kinect的摄像头本身就能获取红外信息，所以Kinect的摄像头能够非常便利的获取骨骼关节点的三维坐标信息，并且基于此获取到的数据是不受光照条件影响的，亦即在黑暗条件下也能准确的获取这些骨骼关节的深度信息，因而在第一步中获取手掌区域要利用Kinect提供的深度图数据，使用深度数据阈值方法提取出手掌区域，但是它也存在局限，其中比较重要的一点就是这样获取手掌区域只能利用Kinect提供的SDK来获取，而且目前Kinect在Linux和Mac OS平台上没有提供有效的驱动程序，所以平台会被限制在Windows操作系统上。

那么对于Kinect中获取手掌模块的步骤要分为三部分：获取手掌区域、获取手掌轮廓、获取手指尖点。

#### 获取手掌区域的方法

获取手掌区域的方法主要是深度阈值法：根据骨骼点能准确确定掌心点所在位置的三维坐标点，假设该点的位置是Pcenter(x, y, z)，那么根据x和y的值可以在Kinect获取的424\*512分辨率的深度图数据depth[424\*512]数组中找到相应的点，这个转换公式(3.1)如下：

(.1)

假设设定的阈值为k，那么选取深度图数据中深度值大小在范围[HandDepth – k, HandDepth + k]之间，则认为深度图数据中数值在这个范围内的深度值是属于手掌区域的，这是因为手掌区域的数据往往在深度值上和掌心点比较接近，而手掌本身往往是处于身体其他部位的前方，和手掌不在同一深度范围内，因此可以用这个深度平面内的数值来反馈手掌区域。其算法描述如下：

（1）定义一个布尔类型的二维数组HandArea[424][512]，初始化并全部赋值为FALSE；

（2） 获取Kinect中骨骼帧数据中的手掌心点HandCenter点，转换到深度图坐标系中去，获取在深度图坐标系中HandCenter点的深度值CenterDepth，即令CenterDepth = depth[]；

（3）设置两个下标值i和j，遍历整个深度图数据的数组，取出depth[j \* 424 + i]的值，赋值给nDepth, 即令nDepth = depth[j \* 424 + i], 判断nDepth是否在

集合内，若nDepth的值在该集合中，则令HandArea[i][j] = TRUE, 否则令HandArea[i][j]为FALSE。

这样二维数组HandArea中值为TRUE与深度图对应的位置就是提取出来的手的区域。

#### 获取手掌轮廓的方法

从前一步中提取出来手掌区域的二维数组后，下一步就是要根据提取到的手掌区域数据进行手掌轮廓提取，提取手掌的思路是根据轮廓点附近的8个点的特征值变化，判别在手掌区域中哪一些点事属于手掌中的轮廓点，哪些是属于手掌中的非轮廓点。

根据上面获取手掌区域的二维布尔矩阵HandArea可知，矩阵中的点，可以分为三大类：第一类就是手掌区域内的点，第二类是在手掌轮廓上的点， 第三类是在手掌区域外的点。这三类点分别有一下特征如下：

1. 若HandArea[i][j] = FALSE，则深度数据图中坐标点(i, j)对应的点在手掌区域外部；
2. 若HandArea[i][j] = TRUE, 且在坐标点(i, j)周围的8个点(i - 1, j - 1), (i, j - 1), (i + 1, j - 1), (i - 1, j), (i + 1, j), (i - 1, j + 1), (i, j + 1), (i + 1, j + 1)中，存在一个点(x, y ) ∈{(x,y)|, 且(x,y)≠(i,j)}，使得HandArea[x][y] = FALSE，则深度数据图中坐标点(i, j)对应的点在手掌轮廓上；
3. 若HandArea[i][j] = TRUE, 且在坐标点(i, j)周围的8个点(i - 1, j - 1), (i, j - 1), (i + 1, j - 1), (i - 1, j), (i + 1, j), (i - 1, j + 1), (i, j + 1), (i + 1, j + 1)中，对于所有的点(x,y) ∈{(x,y)|, 且(x,y)≠(i,j)}，使得HandArea[x][y] = TRUE，则深度数据图中坐标点(i, j)对应的点在手掌区域内；

算法实现步骤如下：

1. 初始化一个布尔矩阵HandOutline, 其大小为424\*512，将HandArea矩阵中的所有数据都复制到HandOutline中去；
2. 设定遍历下标i和j，i的值从1到424变化，j的值从1到512变化，获取HandArea[i][j]的值；
3. 声明一个字节的变量value，并初始化为0x00(二进制数值为00000000)，若HandArea[i][j] = FALSE，保持value的值为0x00不变；
4. 若HandArea[i][j] = TRUE，依次获取HandArea[i-1][j-1]、HandArea[i-1][j]、HandArea[i-1][j+1]、HandArea[i][j-1]、HandArea[i][j+1]、HandArea[i+1][j-1]、HandArea[i+1][j]、HandArea[i+1][j+1]得值，若获取的值为TRUE，则计算位运算 value = value << 1 | 0x01，否则令计算位运算 value = value << 1 | 0x00；如此经过8次运算，就可以将坐标点为(i,j)位置的左上（↖）、上（↑）、右上（↗）、左（←）、右（→）、左下（↙）、下（↓）、右下（↘）这8个方向的临近点所存储的布尔值转换到value的第7~0位上，并且该位置上位1表示对应方向的临近点在HandArea中为TRUE，0表示对应方向上的临近点在HandArea中为FALSE；
5. 根据第四步计算的这八个方向上临近点在HandArea中的布尔值，结合上文介绍的算法，比较容易知道，当value的值为0xFF（对应二进制数值为11111111）的时候，表示坐标(i, j)在深度图数据中对应的点是在手掌内部区域，则将HandOutline[i][j]设定为FALSE，而当value的第7~0位上存在任意一位位1的情况的时候，表示坐标(i, j)在深度图数据中对应的点是在手掌的轮廓上，则将HandOutline[i][j]设定为TRUE。

根据以上算法，可以获取到手掌轮廓上的点信息，并将这些信息存储到一个二维布尔矩阵，同时用一个数组来记录这些轮廓上的点信息。

#### 获取手指尖点的方法

### 手掌模块的显示

## 图像处理的模块设计

模式设计

## 本章小结

本章首先给出了手势识别系统的需求分析，详细说明了该工具的功能需求。其次介绍了分析工具的整体框架设计，并详细介绍了各功能模块。接下来介绍了本文的数据的获取。最后对各功能模块的设计进行详细说明分析。

首先详细叙述了显示模块的设计，该模块作为本工具的核心功能之一，能够将统计 或者处理之后的数据以直观地数据统计图表和栅格图的形式展示。然后设计了信号覆盖模块和话务负载模块，信号覆盖模块主要用于处理与信号质量相关的数据，话务负载则用于处理与话务量相关的数据，最后处理的结果通过显示模块做出相应展示，展现出数据在数值区间、时间和空间上的分布关系。最重要的是，根据用户需求，完成了对基于地理的覆盖性能模块的设计，该模块是对之前模块功能的总结和升华，采用联合统计的方式，找到目标栅格，再结合目标区域的基站数据对目标栅格进行分类。对于不同分类的目标栅格采取不同的优化方案。本章介绍各模块方法的设计思想，为后续实现章节提供指导。

# 手势识别模块的实现

## 手势轨迹的获取

## DTW算法核心技术

## 基于DTW算法的手势识别的实现

## 本章小结

# 系统框架搭建和测试

## 软件系统的实现框架

软件开发环境

软件设计流程图

具体的实现过程

## 几种手势的应用场景

## 手势识别过程分析

## 本章小结

# 总结与展望

## 总结

## 展望和改进

致谢

**References:**

[1]. 邹铁刚, 刘建民与张明臣, 移动通信网络优化技术与实践.第 1 版. 2015, 北京: 清华大学出版社.

[2]. 吴松, 何照东与葛海平, 面向3G的无线网络优化体系. 邮电设计技术, 2007(11): 第10-14页.

[3]. 熊华伟, 基于GIS的移动通信网络质量监控与分析系统研究. 信息通信, 2012(04): 第129-130页.

[4]. 黎宏剑等, 基于Hadoop的海量电信数据云计算平台研究. 电信科学, 2012(08): 第80-85页.

[5]. Network, T.R.A., Study on Minimization of drive-tests in Next Generation Networks;(Release 9). 2015, 3GPP TR 36.805.

[6]. Holma, H. and A. Toskala, LTE advanced: 3GPP solution for IMT-Advanced. 2012: John Wiley & Sons.

[7]. Riihijärvi, J. and P. Mähönen. Estimating wireless network properties with spatial statistics and models. in Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks (WiOpt), 2012 10th International Symposium on. 2012: IEEE.

[8]. Cressie, N., Statistics for spatial data. 2015: John Wiley & Sons.

[9]. Dejonghe, A., et al., Flexible and Spectrum Aware Radio Access through Measurements and Modelling in Cognitive Radio Systems. 2011, Technical report, FARAMIR.

[10]. Galindo-Serrano, A., et al. Automated coverage hole detection for cellular networks using radio environment maps. in Modeling & Optimization in Mobile, Ad Hoc & Wireless Networks (WiOpt), 2013 11th International Symposium on. 2013: IEEE.

[11]. Galindo-Serrano, A., et al. Harvesting MDT data: Radio environment maps for coverage analysis in cellular networks. in Cognitive Radio Oriented Wireless Networks (CROWNCOM), 2013 8th International Conference on. 2013: IEEE.

[12]. Mitola, J., Cognitive radio---an integrated agent architecture for software defined radio. 2000.

[13]. Alaya-Feki, A., et al. Informed spectrum usage in cognitive radio networks: Interference cartography. in Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on. 2008: IEEE.

[14]. Alaya-Feki, A.B.H., et al. Interference cartography for hierarchical dynamic spectrum access. in New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2008. DySPAN 2008. 3rd IEEE Symposium on. 2008: IEEE.

[15]. Cressie, N. and G. Johannesson, Fixed rank kriging for very large spatial data sets. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 2008. 70(1): p. 209-226.

[16]. Braham, H., et al. Coverage mapping using spatial interpolation with field measurements. in Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC), 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on. 2014: IEEE.

[17]. Braham, H., et al. Low complexity spatial interpolation for cellular coverage analysis. in Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt), 2014 12th International Symposium on. 2014: IEEE.

[18]. Grewal, M.S., L.R. Weill and A.P. Andrews, Global positioning systems, inertial navigation, and integration. 2007: John Wiley & Sons.

[19]. WhitePaper, An Overview of LTE Positioning. 2016.

[20]. Palaios, A., et al. Studying and mitigating the impact of GPS localization error on radio environment map construction. in Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC), 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on. 2014: IEEE.

[21]. Braham, H., et al., Spatial Prediction Under Location Uncertainty In Cellular Networks. arXiv preprint arXiv:1510.03638, 2015.

[22]. Delyon, B., M. Lavielle and E. Moulines, Convergence of a stochastic approximation version of the EM algorithm. Annals of statistics, 1999: p. 94-128.

[23]. 郑伟, 栅格化数据在移动通信网络优化中的应用研究, 2015, 北京邮电大学. 第 70页.

[24]. 方裕等, 第四代GIS软件研究. 中国图象图形学报, 2001(09): 第5-11页.

[25]. 刘学锋, 李先华与何幼斌, 地理信息系统在通信领域的应用研究进展. 上海大学学报(自然科学版), 2007(04): 第389-393页.

[26]. 周成国, 范玉山与赵修涛, 基于GIS技术的沂蒙山区无线通信基站选址与网络优化. 城市勘测, 2005(06): 第13-15+25页.

[27]. 宋海营, 城市移动通信基站的建站分析和选址方案设计. 中国无线电, 2013(10): 第55-58页.

[28]. 方黎与于海波, 基于GeoDatabase的管线数据库建库若干问题研究. 城市勘测, 2005(06): 第22-25页.

[29]. Xie, M., T. Esaki and G. Zhou, GIS-based probabilistic mapping of landslide hazard using a three-dimensional deterministic model. Natural Hazards, 2004. 33(2): p. 265-282.

[30]. 章孝灿与潘云鹤, GIS中基于“栅格技术”的栅格数据矢量化技术. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001(10): 第895-900页.

[31]. Herath, P., W. Krzymien and C. Tellambura, Coverage and Rate Analysis for Limited Information Cell Association in Stochastic-Layout Cellular Networks. 2015.

[32]. 陈威兵, 何松华与彭曙光, 移动通信系统.第 1 版. 2010, 北京: 清华大学出版社.

[33]. Makanjuola, N.T., et al., Comparative Analysis of GSM Network and IS-95 CDMA Network Using Signal Strength. The Pacific Journal of Science and Technology, 2015.

[34]. Ruohonen, J., Method for reducing power consumption of a mobile station and a mobile station. 2002, Google Patents.

[35]. Sampath, H., D.A. Gore and E.H. Teague, Digital and analog power control for an OFDMA/CDMA access terminal. 2012, Google Patents.

[36]. Yang, J., W.C. Lee and S. Shin. Design aspects and system evaluations of IS-95 based CDMA systems. in Universal Personal Communications Record, 1997. Conference Record., 1997 IEEE 6th International Conference on. 1997: IEEE.

[37]. Gilhousen, K.S., R. Padovani and C.E. Wheatley III, Method and apparatus for controlling transmission power in a CDMA cellular mobile telephone system. 1991, Google Patents.

[38]. Viterbi, A.M. and A.J. Viterbi, Erlang capacity of a power controlled CDMA system. 1993.

[39]. Sampath, A., N.B. Mandayam and J.M. Holtzman. Erlang capacity of a power controlled integrated voice and data CDMA system. in Vehicular Technology Conference, 1997, IEEE 47th. 1997: IEEE.

[40]. Lee, J.S. and L.E. Miller, CDMA systems engineering handbook. 1998: Artech House, Inc.

[41]. 李俊, GSM系统中的移动定位技术研究, 2002, 国防科学技术大学. 第 63页.

[42]. Cong, L. and W. Zhuang, Hybrid TDOA/AOA mobile user location for wideband CDMA cellular systems. Wireless Communications, IEEE Transactions on, 2002. 1(3): p. 439-447.

[43]. 刘全胜, 基于GSM系统的移动台定位方法研究, 2004, 大连海事大学. 第 55页.

**References:**

[1]. 邹铁刚, 刘建民与张明臣, 移动通信网络优化技术与实践.第 1 版. 2015, 北京: 清华大学出版社.

[2]. 吴松, 何照东与葛海平, 面向3G的无线网络优化体系. 邮电设计技术, 2007(11): 第10-14页.

[3]. 熊华伟, 基于GIS的移动通信网络质量监控与分析系统研究. 信息通信, 2012(04): 第129-130页.

[4]. 黎宏剑等, 基于Hadoop的海量电信数据云计算平台研究. 电信科学, 2012(08): 第80-85页.

[5]. Network, T.R.A., Study on Minimization of drive-tests in Next Generation Networks;(Release 9). 2015, 3GPP TR 36.805.

[6]. Holma, H. and A. Toskala, LTE advanced: 3GPP solution for IMT-Advanced. 2012: John Wiley & Sons.

[7]. Riihijärvi, J. and P. Mähönen. Estimating wireless network properties with spatial statistics and models. in Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks (WiOpt), 2012 10th International Symposium on. 2012: IEEE.

[8]. Cressie, N., Statistics for spatial data. 2015: John Wiley & Sons.

[9]. Dejonghe, A., et al., Flexible and Spectrum Aware Radio Access through Measurements and Modelling in Cognitive Radio Systems. 2011, Technical report, FARAMIR.

[10]. Galindo-Serrano, A., et al. Automated coverage hole detection for cellular networks using radio environment maps. in Modeling & Optimization in Mobile, Ad Hoc & Wireless Networks (WiOpt), 2013 11th International Symposium on. 2013: IEEE.

[11]. Galindo-Serrano, A., et al. Harvesting MDT data: Radio environment maps for coverage analysis in cellular networks. in Cognitive Radio Oriented Wireless Networks (CROWNCOM), 2013 8th International Conference on. 2013: IEEE.

[12]. Mitola, J., Cognitive radio---an integrated agent architecture for software defined radio. 2000.

[13]. Alaya-Feki, A., et al. Informed spectrum usage in cognitive radio networks: Interference cartography. in Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on. 2008: IEEE.

[14]. Alaya-Feki, A.B.H., et al. Interference cartography for hierarchical dynamic spectrum access. in New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2008. DySPAN 2008. 3rd IEEE Symposium on. 2008: IEEE.

[15]. Cressie, N. and G. Johannesson, Fixed rank kriging for very large spatial data sets. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 2008. 70(1): p. 209-226.

[16]. Braham, H., et al. Coverage mapping using spatial interpolation with field measurements. in Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC), 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on. 2014: IEEE.

[17]. Braham, H., et al. Low complexity spatial interpolation for cellular coverage analysis. in Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt), 2014 12th International Symposium on. 2014: IEEE.

[18]. Grewal, M.S., L.R. Weill and A.P. Andrews, Global positioning systems, inertial navigation, and integration. 2007: John Wiley & Sons.

[19]. WhitePaper, An Overview of LTE Positioning. 2016.

[20]. Palaios, A., et al. Studying and mitigating the impact of GPS localization error on radio environment map construction. in Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC), 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on. 2014: IEEE.

[21]. Braham, H., et al., Spatial Prediction Under Location Uncertainty In Cellular Networks. arXiv preprint arXiv:1510.03638, 2015.

[22]. Delyon, B., M. Lavielle and E. Moulines, Convergence of a stochastic approximation version of the EM algorithm. Annals of statistics, 1999: p. 94-128.

[23]. 郑伟, 栅格化数据在移动通信网络优化中的应用研究, 2015, 北京邮电大学. 第 70页.

[24]. 方裕等, 第四代GIS软件研究. 中国图象图形学报, 2001(09): 第5-11页.

[25]. 刘学锋, 李先华与何幼斌, 地理信息系统在通信领域的应用研究进展. 上海大学学报(自然科学版), 2007(04): 第389-393页.

[26]. 周成国, 范玉山与赵修涛, 基于GIS技术的沂蒙山区无线通信基站选址与网络优化. 城市勘测, 2005(06): 第13-15+25页.

[27]. 宋海营, 城市移动通信基站的建站分析和选址方案设计. 中国无线电, 2013(10): 第55-58页.

[28]. 方黎与于海波, 基于GeoDatabase的管线数据库建库若干问题研究. 城市勘测, 2005(06): 第22-25页.

[29]. Xie, M., T. Esaki and G. Zhou, GIS-based probabilistic mapping of landslide hazard using a three-dimensional deterministic model. Natural Hazards, 2004. 33(2): p. 265-282.

[30]. 章孝灿与潘云鹤, GIS中基于“栅格技术”的栅格数据矢量化技术. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001(10): 第895-900页.

[31]. Herath, P., W. Krzymien and C. Tellambura, Coverage and Rate Analysis for Limited Information Cell Association in Stochastic-Layout Cellular Networks. 2015.

[32]. 陈威兵, 何松华与彭曙光, 移动通信系统.第 1 版. 2010, 北京: 清华大学出版社.

[33]. Makanjuola, N.T., et al., Comparative Analysis of GSM Network and IS-95 CDMA Network Using Signal Strength. The Pacific Journal of Science and Technology, 2015.

[34]. Ruohonen, J., Method for reducing power consumption of a mobile station and a mobile station. 2002, Google Patents.

[35]. Sampath, H., D.A. Gore and E.H. Teague, Digital and analog power control for an OFDMA/CDMA access terminal. 2012, Google Patents.

[36]. Yang, J., W.C. Lee and S. Shin. Design aspects and system evaluations of IS-95 based CDMA systems. in Universal Personal Communications Record, 1997. Conference Record., 1997 IEEE 6th International Conference on. 1997: IEEE.

[37]. Gilhousen, K.S., R. Padovani and C.E. Wheatley III, Method and apparatus for controlling transmission power in a CDMA cellular mobile telephone system. 1991, Google Patents.

[38]. Viterbi, A.M. and A.J. Viterbi, Erlang capacity of a power controlled CDMA system. 1993.

[39]. Sampath, A., N.B. Mandayam and J.M. Holtzman. Erlang capacity of a power controlled integrated voice and data CDMA system. in Vehicular Technology Conference, 1997, IEEE 47th. 1997: IEEE.

[40]. Lee, J.S. and L.E. Miller, CDMA systems engineering handbook. 1998: Artech House, Inc.

[41]. 李俊, GSM系统中的移动定位技术研究, 2002, 国防科学技术大学. 第 63页.

[42]. Cong, L. and W. Zhuang, Hybrid TDOA/AOA mobile user location for wideband CDMA cellular systems. Wireless Communications, IEEE Transactions on, 2002. 1(3): p. 439-447.

[43]. 刘全胜, 基于GSM系统的移动台定位方法研究, 2004, 大连海事大学. 第 55页.

[44]. Foundation, T.A.S., What Is Apache Hadoop. 2016.

[45]. 郝树魁, Hadoop HDFS和MapReduce架构浅析. 邮电设计技术, 2012(07): 第37-42页.

[46]. Foundation, T.A.S., HDFS Architecture Guide. 2013.

[47]. Foundation, T.A.S., MapReduce Tutorial. 2013.

**校对报告**

当前使用的样式是 [硕士论文]

当前文档包含的题录共52条

有0条题录存在必填字段内容缺失的问题

所有题录的数据正常