

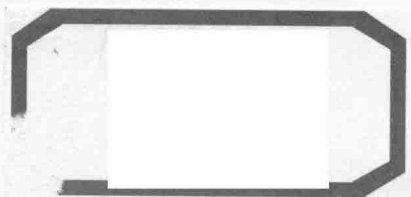
高等院校应用技术型人才培养规划教材

基站勘测与设计

何国荣 白少宇 主 编
郑芙蓉 叶剑锋 龚汉东 副主编



中国铁道出版社有限公司
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

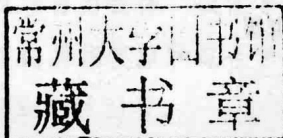


高等院校应用技术型人才培养规划教材

基站勘测与设计

何国荣 白少宇 主 编

郑芙蓉 叶剑锋 龚汉东 副主编



中国铁道出版社有限公司
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

内 容 简 介

本书基于工作过程组织教学内容,将完整工作过程分解成预规划、站址勘察、天馈系统、机房勘察、电源与防雷设计等教学项目,中间穿插通信工程制图的项目案例,培养学生勘察设计岗位的工作能力。教材内容侧重宏基站的勘察设计,主要包括规划、选点、室外、室内及电源和防雷勘察。

本书适合高等院校、高等职业院校通信类相关专业的教材,也可以作为社会爱好者自学和培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

基站勘测与设计/何国荣,白少宇主编. —北京:中国铁道出版社,2019.3

高等院校应用技术型人才培养规划教材

ISBN 978-7-113-22607-7

I. ①基… II. ①何… ②白… III. ①移动通信-通信设备-高等学校-教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第248130号

书 名: 基站勘测与设计
作 者: 何国荣 白少宇 主编

策 划: 王春霞
责任编辑: 王春霞 贾淑媛
封面设计: 付 巍
封面制作: 刘 颖
责任校对: 张玉华
责任印制: 郭向伟

读者热线: (010) 63550836

出版发行: 中国铁道出版社有限公司(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

版 次: 2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 12 字数: 289 千

书 号: ISBN 978-7-113-22607-7

定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

信息通信工程是信息通信类学生的重要学习和就业方向，主要包括核心网和无线侧的工程。从历年的运营商和建设单位工程数据来看，不管是 2G 还是 3G、4G 时代，超过七成项目属于无线侧的基站工程。每年基站工程方向人才缺口非常大，急需大批具有基站工程实施和管理能力的技术人员，因此，高职高专院校的信息通信类专业开设相关课程，培养具有工程能力的一线高技能人才是非常重要的。

基站工程包含站点的规划、勘察、设计、预算、安装、运营和维护等内容，基站勘测与设计属于其中一部分，主要聚焦于基站的勘察测试和施工图设计内容。编者曾查阅各大书店和出版社网站，目前无专门介绍基站勘测与设计的书籍，相关内容通常都作为部分章节安排于通信工程或者基站工程书籍里，同时缺乏相关的工程背景和工程案例，在勘察和设计的具体实施上没有很好的引导作用。基于此，本书针对高职高专注重实践的教学特点，在教材内容的组织和实施上力求达到两个目的：

一是基于工程实施的实际工作过程和教育的认知规律组织教材内容。实际的工作过程包括规划选点、选点初勘、交接下单/联合勘察、交接资料四个步骤，本书内容的组织也大体遵循这四个步骤，项目 1 对应于规划选点，项目 3、4 对应于选点初勘，项目 2、5、6 对应于联合勘察和交接资料。当本教材学习完毕的时候，相当于学生完成了一个大的工程项目。

二是各个项目的知识点和技能点都做到以项目为载体，以任务为导向，从工程背景和任务分析到所需的知识和技能点，再到任务的具体实施和综合评价，最后是思考与练习，如此形成一个任务导向和巩固提升的学习和训练过程。

本书总计有 6 个项目。

项目 1 是无线网络预规划，包含无线网络需求分析和无线网络预规划两个任务。网络预规划在基站工程中是基站勘测与设计的前导工作任务，这个项目中大家会学习到移动通信的发展史、CS 域和 PS 域业务模型，同时还会学到基于覆盖分析和容量分析的基站规模估算方法。这里需要指出的是，无线网络规划是个很复杂的工作，很多时候需要借助于大型的仿真软件来仿真和确定参数。即便在预规划中对基站规模做简单的估算，在 3G 和 4G 移动通信系统中仍然缺乏权威的话务模型，本项目仅简单介绍其中的一些计算方法和参数，学习过程中重点掌握其思路 and 过程。

项目 2 基站电源设备设计与选型, 包含机房蓄电池、开关电源和机房空调选型, 以及电力线和接地线缆的选配三个任务。本项目中大家会学习基站的组成、蓄电池的选型、开关电源的原理和选型, 以及交直流线缆和接地线的选配, 同时在扩展知识中还会学到电源系统的接地和环境监控系统的组成和原理。

项目 3 通信工程制图, 包含轴承二维平面图和工程图纸模板制作两个任务。通过本项目, 学生将掌握 AutoCAD 软件绘制二维平面图以及制作工程图纸模板的方法, 为后续的工程图纸绘制打下基础。

项目 4 站址勘察, 包含勘察工具的使用和无线环境记录两个任务。本项目中, 学生将学到常用的勘察工具使用方法、无线环境拍照记录方法以及勘察记录表的填写方法。

项目 5 室外勘察与设计, 包含天线设计与选型、室外站点勘察与设计两个任务。本项目中将学习天线的原理、分类、技术指标以及勘察、设计和选型方法, 同时还将学习到室外站点如何完成勘察和设计。学习完本项目, 学生将对室外的站点勘察和设计有完整的了解。

项目 6 室内勘察与设计, 包含机房设备平面布局图、走线架安装图、线缆路由示意图的绘制三个任务。本项目中, 我们会学到机房的勘察步骤和布局设计方法、草图绘制和工程图绘制方法、走线架安装与设计标准和方法, 以及线缆路由设计和计算方法。

本教材根据高职高专学生的学习特点, 编排上力求由浅入深、循序渐进、通俗易懂。通过本教材的 6 个项目 14 个工作任务的学习, 一方面可熟悉项目的工程应用场景, 另一方面将室外宏基站的勘察设计流程按实际工作任务完成一遍, 使学生掌握基站勘测与设计的基本应用技能, 做到学以致用。

在本书的编写过程中, 得到了编者所在单位深圳信息职业技术学院以及合作单位广东南方电信规划咨询设计院有限公司的领导和同事和朋友的帮助和支持, 在此对他们的辛勤付出表示衷心的感谢! 同时, 编者也借鉴和参考了同类教材和相关网站的素材, 在此也向这些文献的作者表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限, 书中难免存在疏漏与不足之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

2018 年 10 月

项目 1 无线网络预规划	1
任务一 无线网络需求分析	1
任务二 无线网络预规划	12
项目 2 基站电源设备设计与选型	27
任务一 机房蓄电池选型	27
任务二 开关电源和机房空调选型	32
任务三 电力线和接地线缆的选配	43
项目 3 通信工程制图	53
任务一 轴承二维平面图绘制	53
任务二 工程图纸模板制作	84
项目 4 站址勘察	96
任务一 勘察工具的使用	96
任务二 无线环境记录	104
项目 5 室外勘察与设计	114
任务一 天线设计与选型	114
任务二 室外站点勘察与设计	135
项目 6 室内勘察与设计	148
任务一 机房设备平面布局图的绘制	148
任务二 走线架安装与设计	167
任务三 基站线缆路由示意图的绘制	174

项目 1

无线网络预规划

引言

无线网络预规划这一项目的设计目的主要是从无线基站工程全流程和网络的角度出发,让学生理解基站在整个移动网络所处的位置和基站勘测与设计之前的工作内容。通过本项目的学习,学生应全面地理解和掌握移动通信网络、需求分析和预规划等知识。本项目包括两个任务:通过任务一理解移动通信发展历史、移动通信网络以及业务分类和业务模型,掌握小区业务量需求的计算方法;通过任务二理解覆盖分析和容量分析过程、模型和相关参数,初步掌握覆盖分析和容量分析方法。

学习目标

- 理解移动通信发展历史以及 4G 移动网络架构。
- 理解业务分类和业务模型。
- 掌握小区业务量和覆盖、容量分析方法,能根据需求对小区业务量进行计算,并用覆盖分析和容量分析方法计算所需要的基站个数。

任务一 无线网络需求分析

任务描述

深圳高科技园区需求分析(2009年工信部全国通信职业技术学院大赛——“3G 基站建设维护及数据网组建”赛题)。

面积大约 1 km^2 的深圳高科技园区包括中兴通讯公司总部区域中的 6 座建筑和周边的马路(图 1-1),其中区域右上边有一座 24 层的研发大楼,其余的为 8 层建筑。人口密度为:滞留工作人员 $12\,000 \text{ 人}/\text{km}^2$,移动人员为 $40\,000 \text{ 人}/\text{km}^2$ 。高新技术园区的特点是科技人员多,利用 2G 和 3G 网络开展各种业务,包括语音、可视电话、E-mail、MMS、信息服务、图铃下载、WAP 浏览、WWW 浏览、音频流和视频流。其中 2G 用户约占 80%,3G 用户约占 20%。

已知各业务的承载速率、单用户业务量、渗透率、激活因子和 E_b/N_0 (dB),请问该科技园区总业务量是多少?

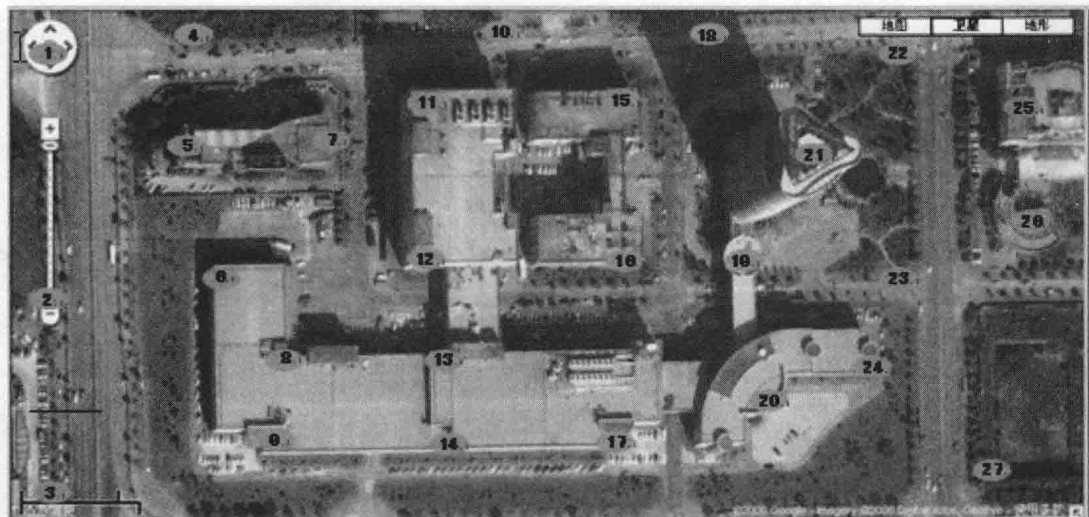


图 1-1 深圳高科技园卫星地图

任务分析

由已知条件可知:

- 面积大约 1 km^2 。
- 人口密度: 滞留工作人员 $12\,000 \text{ 人}/\text{km}^2$ +移动人员为 $40\,000 \text{ 人}/\text{km}^2$ 。
- 3G 用户 20%。
- 3G 业务中开展的 CS 业务有语音、可视电话, PS 业务有: E-mail、MMS、信息服务、图铃下载、WAP 浏览、WWW 浏览、音频流和视频流。
- 求科技园的总业务量, 应该根据业务模型求出单个业务的业务量, 然后求和即可。

知识与技能

对于移动通信工程而言, 无线网络的规划工作是后续勘察、设计和工程实施等动作的前提, 是客户投资达到预期目的的关键动作, 因而在项目执行中具有全局性和前瞻性特点。本项目仅以 WCDMA 无线网络为例, 以项目实例为载体, 介绍无线网络规划的业务分析、业务模型、覆盖分析和容量分析等重要内容, 从而为后续的基站勘测与设计的内容学习打下基础。

1. 移动通信发展概述

1) 移动通信系统的起源和早期发展

人们普遍认为 1897 年是移动通信的元年, 意大利人 M.G.马可尼在一个固定站和一艘拖船之间完成无线电通信实验, 由此揭开了移动通信发展之路。

现代意义上的移动通信起源于 20 世纪 20 年代。从 20 年代至 40 年代, 为早期发展阶段。在这期间, 初步进行了一些传播特性的测试, 并且在短波几个频段上开发了专用移动通信系统, 其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率为 2 MHz , 到 40 年代提高到 $30\sim 40 \text{ MHz}$ 。可以认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段, 特点是专用系统开发, 工作频率较低, 工作方式为单工或半双工方式。

20世纪40年代中期至60年代初期,公用移动通信业务开始问世。1946年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,成为“城市系统”。当时使用了3个频道,间隔为120 kHz,通信方式为单工。随后,联邦德国(1950年)、法国(1956年)、英国(1959年)等相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用网过渡,接续方式为人工,网络的容量较小。

20世纪60年代中期至70年代中期,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用150 MHz和450 MHz频段,采用大区制、中小容量,实现了无线频道自动选择,并能够自动接续到公用电话网。同一时期,联邦德国也推出了具有相同技术水平的B网。可以说,这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,采用450 MHz频段,实现了自动选频与自动接续。

2) 第一、二代移动通信系统

第一代移动通信系统也称模拟移动通信系统,采用了蜂窝组网技术,蜂窝概念由贝尔实验室提出,20世纪70年代在世界许多地方得到研究。当第一个试运行网络在芝加哥开通时,美国第一个蜂窝系统AMPS(高级移动电话业务)在1979年成为现实。曾经得到较广泛应用的系统主要有北美的AMPS、北欧的NMT-450/900、英国的TACS,工作频带都在450 MHz和900 MHz附近,载频间隔在30 kHz以下,采用频分多址方式。

第一代移动通信系统的关键局限是:①频谱利用率低(频分复用导致),无法适应大容量的要求;②业务种类有限(模拟方式所致);③无数据业务(模拟方式所致),无法与固定网迅速向数字化推进相适应,数字承载业务很难开展;④保密性差(模拟方式所致),易于被窃听,易做“假机”;⑤设备成本高,体积、重量大(模拟方式所致);⑥各系统间没有公共接口。

这些致命的弱点将妨碍其进一步发展,因此,模拟蜂窝移动通信将逐步被数字蜂窝移动通信替代。然而,在模拟系统中的组网技术仍将在数字系统中应用。

20世纪90年代开发出了以数字传输、时分多址和窄带码分多址为特征的移动电话系统,称之为第二代移动电话系统。代表系统主要分为两类,即时分多址系统与码分多址系统,时分多址系统的典型系统有GSM/TDMA(欧洲)、D-AMPS(美国)、JDC(PDC)/TDMA(日本),码分多址系统的典型系统是以高通公司为首研制的基于IS-95的N-CDMA(窄带CDMA)。

第二代移动通信系统的关键特点是:①数字化、时分(码分)多址、话音质量比第一代好、能自动漫游等。②频谱利用率提高(2倍或10倍)。③业务种类增加(较丰富的电信业务)。④窄带数据业务(低速数据业务)。⑤保密性较好(具良好的保密性能)。⑥减少了设备成本,体积、重量大大减少,尤其是终端设备。

显然,随着同期互联网的迅猛发展,第二代移动通信系统的主要问题是其数据业务的速率无法适应互联网数据业务的要求。

3) 第三代移动通信系统

在第二代到第三代移动通信系统的过渡期还有中间过渡系统,即所谓第二代半移动通信系统,目的是提供较高速率的移动数据业务。

时分多址系统的典型代表是GPRS,核心技术是在GSM系统上叠加一张主要由GGSN

(GPRS 网关支持结点)、SGSN (GPRS 业务支持结点)组成的移动数据网络,能提供最高 171.2 kbit/s (无纠错编码)的理论数据速率,能与 ISDN 用户一样快速浏览互联网。后期也发展了一种 EDGE 的技术,能提供更高的数据速率,称为 2.75G 技术。

码分多址系统的典型代表是 CDMA2000-1X,是在 IS-95 的基础上,采用反向相干解调、下行链路快速功率控制、下行链路发送分集、Turbo 编码等新技术,可支持 308 kbit/s 的数据传输,网络部分引入分组交换,支持移动 IP 业务。

第二代半移动通信系统与第三代移动通信系统相比,数据速率的提高仍然远远不够,主要问题在于频带太窄,不能提供如高速数据、慢速图像与电视图像等各种宽带信息业务,同时未能实现真正的全球漫游。

为了进一步提高移动数据速率和推动全球漫游,国际电联要求在 2000 年实现商用化的第三代移动通信系统,即 IMT-2000,它的关键特性有:①包含多种系统;②世界范围设计的高度一致性;③IMT-2000 内业务与固定网络的兼容;④高质量的语音与数据业务;⑤世界范围内使用小型便携式终端。

ITU 在 1999 年 11 月确定了第三代移动通信系统的三种技术体制,即 WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA。2007 年 10 月新增 WiMAX 标准为第四种技术体制。

(1) WCDMA

WCDMA 由欧洲标准化组织 3GPP 制定,受全球标准化组织、设备制造商、器件供应商及运营商的广泛支持,成为 3G 的主流体制。

① 核心网与 GSM/GPRS 网络兼容,可以基于 TDM、ATM、IP 技术并向全 IP 的网络结构演进。核心网逻辑上分为电路域与分组域,分别完成电路业务与分组业务。

② UTRAN 基于 ATM 技术统一处理语音与分组业务,并向 IP 方向发展。

③ MAP 技术和 GPRS 隧道技术是 WCDMA 体制移动性管理机制的核心。

④ 空中接口采用 WCDMA:信号带宽 5 MHz、码片速率 3.84 Mcchip/s、AMR 语音编码、支持同步/异步基站运行模式、上下行闭环加外环功率控制方式、开环和闭环发射分集方式、导频辅助的相干解调方式、卷积码和 Turbo 码的编码方式、上下行均采用 QPSK 调制方式。

(2) CDMA2000

CDMA2000 是在 IS-95 标准基础上提出的,3GPP2 完成其标准化工作。

① 电路域继承第二代移动通信系统 IS-95 CDMA 网络,引入以 WIN 为基本架构的业务平台。

② 分组域是基于 Mobile IP 技术的分组网络。

③ 无线接入网以 ATM 交换机为平台提供丰富的适配层接口。

④ 空中接口采用 CDMA2000:信号带宽 $N \times 1.25$ MHz ($N=1, 3, 6, 9, 12$)、码片速率 $N \times 1.2288$ Mcchip/s、采用 8k/13kQCELP 或 8kEVRC 语音编码;基站需要 GPS/GLONASS 同步方式运营、上下行闭环加外环功率控制方式,前向可以采用 OTD 和 STS 发射分集方式,反向采用导频辅助的相干解调方式、卷积码和 Turbo 码的编码方式,上行采用 BPSK 方式,下行采用 QPSK 调制方式。

(3) TD-SCDMA

TD-SCDMA 由中国无线通信标准组织(CWTS)提出,已经融合到 3GPP 关于 WCDMA-TDD 的规范中。

① 核心网与 GSM/GPRS 网络兼容, 可以基于 TDM、ATM、IP 技术并向全 IP 的网络结构演进。核心网逻辑上分为电路域与分组域, 分别完成电路业务与分组业务。

② UTRAN 基于 ATM 技术统一处理语音与分组业务, 并向 IP 方向发展。

③ MAP 技术和 GPRS 隧道技术是 WCDMA 体制移动性管理机制的核心。

④ 空中接口采用 TD-SCDMA: 信号带宽 1.6 MHz、码片速率 1.28 Mcchip/s、AMR 语音编码、支持同步基站运行模式。

TD-SCDMA 采用智能天线、同步 CDMA、软件无线电技术, 实现接力切换。

(4) WiMAX

WiMAX 的全称是 World Interoperability for Microwave Access。2007 年 10 月, ITU 批准 WiMAX 以 OFDMA WMAN TDD 的名义成为第四个 3G 标准。它是基于 IEEE 802.16 标准的宽带无线接入城域网技术, 针对微波和毫米波频段提出的空中接口标准, 提供面向互联网的高速连接。

① 核心网为传统交换网或因特网, WiMAX 提供核心网与基站之间的连接接口, 但 WiMAX 系统不包括核心网。

② 基站分为基站 (提供用户基站与核心网的连接)、用户基站 (提供基站与用户终端设备间的中继连接)、接力站 (充当一个基站和若干用户基站间的中继站)。用户终端设备定义了与用户基站间的连接接口, 但用户终端设备本身不属于 WiMAX 系统。

③ 网管系统用于监视和控制网内所有基站和用户基站, 提供查询、状态监控、软件下载、系统参数配置等。

④ 空中接口: 能根据连接用户的数量, 灵活调整信号带宽在 1.5~20 MHz 之间变化、提供高达 74.81 Mbit/s 的传输速率、无线传输距离最远可达 50 km、提供具有 QoS 性能的数据业务, 是其他 3G 基站的 10 倍。

WiMAX 能提供电信级的多媒体通信服务, 支持安全传输, 建网快、见效早。

4) 第四代移动通信系统

虽然 3G 较之 2G 可以提供更大容量、更佳的通信质量并且支持多媒体应用, 但是随着人们对 3G 技术及其应用研究的不断深入, 3G 技术在支持 IP 多媒体业务、提高频谱利用率以及资源综合优化等方面的局限性也渐露端倪, 推动了第四代移动通信系统的产生。

国际电信联盟 (ITU) 已经将 WiMax、HSPA+、LTE、LTE-Advanced、WirelessMAN-Advanced 纳入到 4G 标准里, 4G 标准已经达到了 5 种。目前 4G 标准主要是指 LTE 和 LTE-Advanced。LTE 和 LTE-Advanced 相对 3G 技术具有较多优势, 其采用的关键技术很多, 如频域多址技术 (OFDM/SC-FDMA)、MIMO 技术、高阶调制、链路自适应等。最重要的技术主要是正交频分复用技术 (OFDM/SC-FDMA) 和 MIMO (多天线) 技术。

OFDM (正交频分复用) 技术将频域划分为多个子信道, 各相邻子信道相互重叠, 但不同子信道相互正交。将高速的串行数据流分解成若干并行的子数据流同时传输, 从而有效降低多径效应影响, 灵活处理带宽。

MIMO (多天线) 技术将用户数据分解为多个并行的数据流, 在指定的带宽内由多个发射天线同时发射, 经过无线信道后, 由多个接收天线接收, 并根据各个并行数据流的空间特性 (Spatial Signature), 利用解调技术, 最终恢复出原数据流。基本配置是 DL 2×2 和 UL 1×2 , 通过 MIMO 技术可有效提升数据速率, 改善信道干扰。

LTE 的网络架构如图 1-2 所示,称为演进分组系统 (EPS),其无线部分称为 E-UTRAN,里面只有一种网元——eNode B,相当于 3G 网络架构中的 Node B 和 RNC 部分功能的结合体,实现了网络的扁平化。eNode B 之间的接口为 X2 接口。核心网部分称为 EPC (演进分组核心网),只支持 IP 化的分组数据。EPC 网元包括 MME (移动性管理实体) 和 S-GW (服务网关),分别用于承载信令和 data。MME/S-GW 与 eNode B 之间接口为 S1 接口。

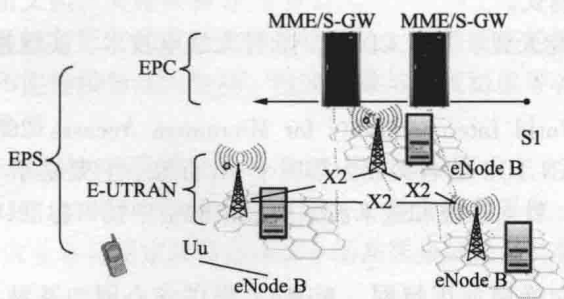


图 1-2 LTE 网络架构示意图

随着移动通信技术的发展,未来还将有 5G 甚至 6G 等通信技术,其意义都是赋予人与人之间、人与物之间,甚至物与物之间真正的沟通自由,并彻底改变人们的生活方式和形态。未来通信技术将具有以下主要特点:①通信速度更快;②网络频谱更宽;③通信更加灵活;④智能性能更高;⑤兼容性能更平滑;⑥结合物联网、人工智能、VR/AR 等未来先进技术及应用;⑦实现更高质量的多媒体通信;⑧频率使用效率更高;⑨通信费用更加便宜。

5) 无线网络规划流程

无线网络规划大致流程如图 1-3 所示。



图 1-3 无线网络规划流程

① 需求分析:目的是为网络规划提供规划依据。根据运营商要求,确定覆盖区域划分、用户密度分布、业务区域划分、容量和质量目标。了解规划区地物、地貌,研究话务量分布,提出满足客户覆盖、容量、QoS 等要求的策略。

② 预规划:根据覆盖、容量、质量要求,估算网络规模、基站数量和基站密度,利用专业仿真软件做验证,并给出基站的布局和基站预选站址大致位置,为勘察工作提供指导。

③ 站点勘察、测试:实地勘察,选择合适的站址方案,制定天馈配置方案;进行传播模型和清频测试;根据仿真、勘察和测试结果筛选站点。

④ 拓扑、参数确定:确定站点站型,搭建合理的网络整体拓扑结构,并通过软件仿真优选方案;规划基站的发射功率、频率、码资源、切换参数等参数。

⑤ 提交报告:根据客户要求给出站点筛选、拓扑结构、系统参数等满足客户需求的报告。

本书内容主要集中于网络规划的前三步,即需求分析、预规划,以及站点勘察、测试内容。

2. 业务分类和业务模型

1) 业务分类

3GPP 协议中, 根据不同的 QoS (服务质量) 指标分为四大类: 会话类、流类、交互类和背景类。其中会话类业务要求实时性的会话模式, 延时小且延时抖动低, 如话音、视频、交互游戏等; 流类业务要求保持信息实体间的时间关系, 如语音下载、电影浏览、视频点播等; 交互类业务为请求响应模式, 须保持数据完整, 如基本浏览、移动办公、电子商务等; 背景类业务对数据延时要求不敏感, 但要求数据完整, 如传真业务、短信、彩信、E-mail 等。不同的业务对无线资源需求不同, 典型的 3G 承载速率 (上行和下行) 如表 1-1 所示 (其中 CS 表示电路域业务, PS 表示 PS 域业务)。对于 4G 系统而言, 虽然业务分类相似, 但由于链路自适应的特性, 各种业务的承载速率要根据统计的话务模型来确定。

表 1-1 业务分类及典型承载速率

业务大类	业务种类	典型承载速率/(kbit/s) (上行/下行)
会话类	AMRVoice	CS12.2/CS12.2
	VideoPhone	CS64/CS64
背景类	E-mail, MMS	PS64/PS64
	FTP	PS64/PS128
交互类	Web 浏览	PS64/PS128
流类	视频流	PS64/PS384

根据用户密度和人口密度, 通常将业务分布区域分成六类: 密集城区、一般城区、郊区/乡镇/农村、交通干线/旅游景点和室内覆盖。不同区域业务分布特点和用户密度如表 1-2 所示。

表 1-2 业务分布区域的分类及特点

区 域	业务分布特点	场合划分	用户密度/ (用户/km ²)	人口密度/ (人/km ²)
密集城区	话务密集; 业务速率要求高; 数据业务需求量大	中央商业区	>12 000	>50 000
		非规则建筑密集城区	>8 000	>30 000
		密集建筑群区域	>1 000	>10 000
一般城区	话务量较高; 业务速率中等; 数据业务需求量中等		>1 000	>3 000
郊区/乡镇	话务量中等; 业务速率中等; 数据业务需求量较低		<1 000	>100
农村	话务量低; 主要解决覆盖问题, 不保证数据业务质量		<1 000	<100
交通干线/旅游景点	话务量较低, 景点具有季节性特点			

2) 业务模型

业务模型用于容量估算, 根据用户进行混合业务时的业务比例, 估算出单个用户的平均业务量或数据吞吐量, 再乘以相应环境下的预期用户数即可得到各业务环境下的总业务量或吞吐量要求。

(1) CS 域业务模型

在第三代移动通信业务中, CS 域主要为语音业务, 衡量指标为爱尔兰 (Erl)。主要参数

为用户单位时间（1 h）平均发起呼叫的频率（BHCA）和平均呼叫持续时间（h），从而可计算出每用户忙时话量=BHCA × 平均呼叫持续时间/3 600。

典型语音业务和可视电话模型如表 1-3 所示。

表 1-3 语音业务和可视电话模型

		区 域	BHCA	呼叫持续时间/s	业务量/(Erl/BH)
语音业务典型值	密集城区	中央商业区	2.7	60	0.045
		非规则建筑密集城区	1.8	60	0.030
		密集建筑群区域	1.2	60	0.020
		一般城区	1.2	60	0.020
		郊区/乡镇	1.018	60	0.017
		农村	0.96	60	0.016
		交通干线/旅游景点	0.9	60	0.015
可视电话业务典型值	密集城区	中央商业区	0.135	120	0.004 5
		非规则建筑密集城区	0.09	120	0.003
		密集建筑群区域	0.06	120	0.002
		一般城区	0.06	120	0.002
		郊区/乡镇	0.050 9	120	0.001 8
		农村	0.048	120	0.001 6
		交通干线/旅游景点	0.045	120	0.001 5

(2) PS 域业务模型

PS 域业务特点：①存在休眠、激活状态，并且两种状态随时转换；②数据以突发方式传输，占用资源随时变化。

如某同学用手机上网，有如下动作：①打开一个网页；②浏览网页；③单击下一页；④继续浏览网页；⑤单击下一页；⑥继续浏览网页；⑦通过网页打开邮箱，收发 E-mail。以上动作均为 Web 浏览业务，包含两次数据业务使用、数次休眠和激活状态的变化。动作①、③、⑤、⑦时为激活状态，②、④、⑥为休眠状态。休眠和激活状态的转换如图 1-4 所示。

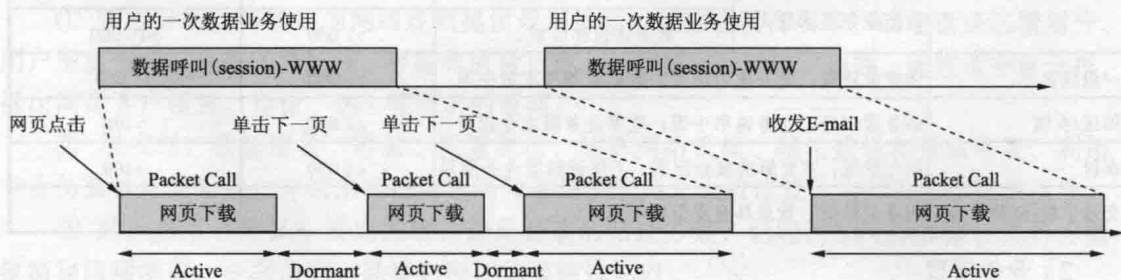


图 1-4 休眠和激活状态的转换

即便在激活状态，数据的传输也是以突发方式而非连续方式进行，同时占用资源随时变化。以打开网页为例，如图 1-5 所示。

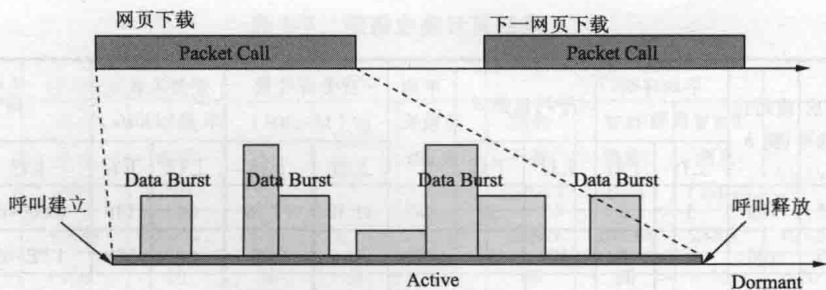


图 1-5 数据传输的突发方式

对于数据业务，通常应用 ETSI 模型来描述，涉及的参数包括：忙时会话次数（BHSA）、每次会话的平均呼叫次数（Calls per session）、每次呼叫的平均包数（Packets per call）、平均包长（Mean packet size），从而计算出忙时业务吞吐量及等效的 Erl。ETSI 模型数据业务吞吐量计算如表 1-4 所示。

表 1-4 ETSI 模型数据业务吞吐量计算

参 数	运 算 规 则
数据业务的 BHSA	a
应用比例（渗透率）	b
呼叫次数/会话	c
呼叫平均包数	d
平均包长/Byte	e
业务承载速率	f
业务吞吐量 / (kbits/BH)	$g = a \times b \times c \times d \times e \times 8 / 1\ 000$
激活因子	v
Erl	$h = \frac{g}{3\ 600vf}$

【例 1-1】某地为密集城区，已知 E-mail 业务忙时会话次数（BHSA） $a=0.3$ ，应用比例 $b=100\%$ ，每次会话的平均上行呼叫次数（Calls per session） $c=2$ 、每次呼叫的上行平均包数（Packets per call） $d=15$ ，上行平均包长（Mean packet size） $e=480\text{ B}$ ，业务承载速率 $f=64\text{ kbit/s}$ ，激活因子为 1，请计算业务吞吐量（kbit/BH）及等效 Erl。

解：由公式可知，业务吞吐量：

$$g = a \times b \times c \times d \times e \times 8 / 1\ 000 = 0.3 \times 100\% \times 2 \times 15 \times 480 \times 8 / 1\ 000 = 34.56 \text{ (kbit/BH)}$$

$$\text{等效 Erl: } h = \frac{g}{3\ 600vf} = \frac{34.56}{3\ 600 \times 1 \times 64} = 0.000\ 15 \text{ (Erl)}$$

【例 1-2】某 3G 网建设初期数据业务 ETSI 模型使用的参数如表 1-5 所示（激活因子为 1）。

表 1-5 ETSI 模型使用参数表

业 务	会话次数 a	应用比例 b	平均呼叫次数 c		平均包数 d		平均包长 e/B	业务吞吐量 $g/(\text{kbit/BH})$		业务承载速率 $f/(\text{kbit/s})$		话务量/Erl	
			上行	下行	上行	下行		上行	下行	上行	下行	上行	下行
E-mail	0.3	100%	2	2	15	15	480	34.56	34.56	64	64	0.000 15	2E-04
MMS	0.05	100%	2	2	15	15	480	5.76	5.76	64	64	2.5E-05	3E-05

续表

业 务	会话次数 a	应用比例 b	平均呼叫次数 c		平均包数 d		平均包长 e/B	业务吞吐量 $g/(\text{kbit}/\text{BH})$		业务承载速率 $f/(\text{kbit}/\text{s})$		话务量/Erl	
			上行	下行	上行	下行		上行	下行	上行	下行	上行	下行
Intranet	0.15	100	5	5	4	27	480	11.52	77.76	64	128	0.000 05	2E-04
电子商务	0.05	100	2	2	10	26	480	3.84	9.98	64	128	1.7E-05	2E-05
信息服务	0.08	100	2	2	5	33	480	3.07	20.28	64	128	1.3E-05	4E-05
娱乐	0.02	100	5	5	4	27	480	1.55	10.37	64	128	6.7E-06	2E-05
WWW	0.2	100	5	5	2	15	480	7.68	57.6	64	128	3.3E-05	1E-04
FTP	0.15	100	1	1	8	74	480	4.61	42.62	64	384	0.000 02	3E-05

ETSI 模型涉及的参数较多,过程较复杂,取值困难。通过单用户单业务的忙时使用次数、业务速率、单次使用时间、单次链接激活次数等几个参数可得到简化的数据业务实用模型,这种业务模型在 4G 业务估算中经常使用。表 1-6 所示为数据业务实用模型吞吐量计算。

表 1-6 数据业务实用模型吞吐量计算

参 数	运 算 规 则
单业务忙时使用次数	A
单业务速率/ (kbit/s)	B
单次使用时间/ s	C
单次链接激活次数	D
单次激活数据流量/ kbit	$E=B \times C$
单业务吞吐量/ (kbit/s)	$F=A \times D \times E/3\ 600$

【例 1-3】某 4G 网建设初期信息点播业务忙时使用次数为 0.3,业务速率 64 kbit/s,单次使用时间 50 s,单次链接激活次数为 2 次,请计算该业务单次激活数据流量和单业务吞吐量。

解:由公式可知,单次激活数据流量: $E=B \times C=64 \times 50=3\ 200(\text{kbit})$ 。

单业务吞吐量: $F=A \times D \times E/3\ 600=0.3 \times 2 \times 3\ 200/3\ 600=0.53(\text{kbit}/\text{s})$ 。

任务实施

用户数量规划:总人口数=12 000+40 000=52 000(人)。

2G 业务用户在该区域的人口数量:52 000 \times 80%=41 600(人)。

3G 业务用户在该区域的人口数量:52 000 \times 20%=10 400(人)。

3G 业务话务量的计算如表 1-7 所示。

业务名称	业务速率/ (kbit/s)	单次使用时间/ s	单次链接激活次数	单次激活数据流量/ kbit	单业务吞吐量/ (kbit/s)
2G 业务	64	50	2	3 200	0.53
3G 业务	64	50	2	3 200	0.53

表 1-7 数据业务计算结果

业务速率/(kbit/s)	CS12.2	CS64	PS64			PS128			PS384	
业务类型	语音业务/Erl	可视电话/Erl	E-mail/(bit/s)	MMS/(bit/s)	信息服务/(bit/s)	图铃下载/(bit/s)	WAP浏览/(bit/s)	WWW浏览/(bit/s)	音频流/(bit/s)	视频流/(bit/s)
单用户业务量	0.025	0.002	49.041	16.347	12.26	22.869	101.64	288.97	107.51	193.51
渗透率/%	100	20	30	50	80	60	50	30	20	20
下行单用户业务量(乘渗透率)	0.025	0.000 4	32.69			151.23			60.20	
激活因子	0.5	1	1			1			1	
(E_s/N_0)/dB	5	2.7	2.4			2.7			3.4	
下行总吞吐量/(kbit/s)			339.98			1 572.79			626.08	
下行总业务量/Erl	260	4.16	5.31			12.29			1.63	

综合评价

完成任务后，对照表 1-8，看看这些知识点是不是都掌握了，在相应的方框中打钩。

表 1-8 知识点掌握情况表

序号	知 技 点	掌 握 情 况	序号	知 技 点	掌 握 情 况
1	移动通信发展历史	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	4	CS 域模型	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
2	LTE 网络架构	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	5	ETSI 模型	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
3	业务分类	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	6	数据业务实用模型	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

思考与练习

1. 已知某地覆盖目标范围内人流量有 $A=50\ 000$ 人，每个人手机持有率取 $B=1.2$ ，联通市场占有率取 $D=20\%$ ，全部为 3G 用户。3G 用户单位时间 (1 h) 平均发起呼叫的频率 (BHCA) 为 1.2 次，平均呼叫持续时间为 60 s。

- (1) 请计算联通 3G 用户数。
- (2) 请计算每用户忙时话务量 (单位: Erl)。
- (3) 请计算总话务量 (单位: Erl)。

2. 已知某运营商给出某地 LTE 单用户统计数据如表 1-9 所示。

表 1-9 某地 LTE 单用户统计数据表

业务类型	交互类 (QCI=5~8)			背景类 (QCI=9)			流类 (QCI=4)	会话类 (QCI=1,2)	
	信息点播	电子商务	WWW/WAP	MMS	E-Mail	FTP	VOD/AOD	VoIP	VideoCall
单业务平均每月使用次数	60	30	60	60	60	40	40	25	40