

中华通信技术研究与应用丛书



方海鹰 主编

现代通信网络工程设计 理论与实践

学图书馆

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中华通信技术研究与应用丛书

TN915
/32

现代通信网络工程设计理论与实践

方海鹰 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信网络工程设计理论与实践/方海鹰主编. —北京: 人民邮电出版社, 2004.10
(中华通信技术研究与应用丛书)

ISBN 7-115-12660-7

I. 现... II. 方 III. 移动通信—通信技术 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 096840 号

内 容 提 要

移动通信是如今发展最快的产业之一。到目前为止, 移动用户已经超过 3 亿。通信网络飞速发展的动力来源于市场的需求, 而各通信网络运营商对通信网络的投资目标是获得经济收益。优良的通信网络工程设计可以使运营商在相同的投资规模下获得最大的经济收益, 这就凸显出通信网络工程设计的重要性, 也是通信网络工程设计的意义所在。

一个完整的通信网络的建设过程是: 规划、设计、施工、优化。这个过程是一个由大到小、由粗到精、由概括到具体的设计调整过程, 也是一个设计、调整、再设计、再调整的循环过程。

本书是中华通信系统有限公司设计院的网络规划和工程设计人员长期工程设计经验的结晶, 在通信网络的规划与设计方面为众多同行提供了较丰富的实践体会。它既包括无线通信网络的设计, 也包括交换网络、传输网络以及电源与配套方面的设计。文章中既有通信理论与新技术方面的综述, 也有实际设计工作经验的总结。

中华通信技术研究与应用丛书

现代通信网络工程设计理论与实践

◆ 主 编 方海鹰

责任编辑 杨 凌

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 720×980 1/16

彩插: 2

印张: 17.25

2004 年 10 月第 1 版

字数: 409 千字

2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12660-7/TN · 2346

定价: 42.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

《中华通信技术研究与应用丛书》编委会

顾 问：何非常 杨运鸿 吴龙云

主 编：方海鹰

副主编：王伯仲 朱志勇

编 委：黄峰云 丁军毅 辛志敏 黄思华

王利果 窦连增 陈 滨 于新雁

宋波涛 阎 敏 胡建宇 范绍凯

徐志坚 刘修俊 于浩淼 应 杰

惠绍明 王丽英 张耀球

《中华通信技术研究与应用丛书》编写说明

当今社会正经受着信息技术迅猛发展浪潮的冲击,现代通信技术发展迅猛,日新月异,尤其是随着网络化时代的到来,人们对信息的需求与日俱增。要将用户所需要的信息传递给用户,就需要对信息进行搜索、筛选、分类、编辑、整理,将其加工成信息产品,并最终传递给终端用户。这个过程是围绕着高速信息通信网络进行的。这个高速信息通信网络以光纤通信网、微波通信网、卫星通信网等骨干通信网为传输基础,由公众电话网、公众数据网、移动通信网、有线电视网等业务网组成。

现代通信网络的发展特点就是全程全网,以及各种技术和各种网络的融合,是通信技术与计算机技术、控制技术、数字信号处理技术的结合。现代通信技术的发展趋势是通信技术数字化、通信业务综合化、网络互通融合化、通信网络宽带化、网络管理智能化、通信服务个人化。

移动通信是当今通信领域内最为活跃和发展最快的分支,也是在 21 世纪会对人类生活和社会发展有重大影响的科学技术领域之一。移动通信系统经历了第一代的模拟电话系统、第二代的数字蜂窝系统,将步入到第三代移动通信系统。

一个完整的通信网络可以分为核心网络部分和接入网络部分。用户需要通过接入网络来获得服务。基本的接入方式有三种:光纤接入、电缆接入和无线接入。而移动通信方式是最主要的无线接入方式。移动通信网络的接入网部分不仅包括无线空中接口,而且还有相当多的地面有线电路。核心网络部分主要由交换、传输以及网络管理构成。移动通信网络的核心网有别于固定网络的核心网,主要在于它能向移动用户提供漫游管理。随着通信技术的不断发展,移动通信网络的核心网和接入网已经成为两个可以独立发展的部分。

中华通信系统有限公司是经国家经贸委批准设立、在国家工商局注册登记、享受北京市高新技术企业优惠政策的国有股份制公司。公司原为信息产业部的直属企业,现隶属于中国电子科技集团公司,公司的注册资本金为 3.2 亿元。

中华通信系统有限公司经过近 10 年的发展,已经成为可提供通信系统工程勘察设计、网络优化、企业管理和项目咨询、电子工程施工、电子通信工程监理和集群通信等业务综合电信服务商。公司现有员工近 400 人,本科以上学历占 85%,拥有 5 位享受国务院特殊津贴的通信专家,凝聚了一支素质良好、经验丰富、年轻有为、富于创新的技术和管理队伍。

中华通信系统有限公司设计院(简称中华通信设计院)是国家认定的通信工程勘察设

计综合性甲级设计单位，目前拥有建设部颁发的“通信工程勘察甲级”、“通信工程设计甲级”证书及电子工程施工等多项相关配套业务的资质证书，并通过了 ISO 9000 质量体系认证。中华通信设计院设立了有线、无线、交换、信息工程、电源、网络优化等门类齐全的专业工程咨询与设计部门。

中华通信设计院的技术力量雄厚，设计手段先进，装备精良，现已建成拥有由多台服务器、工作站及各类微机组成的企业内部网络，并与 CHINANET 联网。公司承担的业务范围现已包括全国各类通信工程勘察设计（含移动通信工程、有线传输通信工程、无线传输通信工程、电信交换工程、邮政工程、信息工程、通信电源及配套工程等）、通信网络规划、项目可行性研究、移动通信网络优化、信息系统集成、通信工程科研开发服务、设计咨询等。

多年来，中华通信设计院先后出色地完成了国家重点通信建设项目的勘察设计任务数十项，为中国联通、中国移动等多家电信运营商提供了优质的通信网络工程勘察设计 80 多项，其中 50 余项的投资额在亿元以上，总投资额超过 280 亿元，得到了业界的一致认可。公司认真跟踪、吸收和消化国内外通信领域的新技术、新产品，同时也进行专业科研和标准规范的研究工作，多次承担了相关行业及部门的部分技术标准、技术规范的编制和修订工作，为中国通信事业的飞速发展做出了积极的贡献。

中华通信系统有限公司曾参与发起组建中国联通，一度是中国联通的第二大股东和董事单位，并直接实施了中国联通湖南、江西、山西和吉林 4 省的 GSM 移动通信网络的投资建设运营和管理的工作。公司现在是电信服务商，为电信运营商提供优质的服务。由于公司曾经是网络运营商，因此更能理解运营商的各种需求。

中华通信设计的主要优势就是能为运营商提供网络发展战略、工程设计、运行维护等方面的系统解决方案，主要进行“网络战略+通信技术”的通信工程设计。公司的理念是不仅要为客户提供优秀的设计，还要把价值观念带给客户，为提高中国移动通信网络的质量水平做出应有的贡献。

任何技术的实际应用都需要理论基础提供支持，了解通信网络的理论基础可以帮助我们更好地进行移动网络的设计。因此中华通信系统有限公司编写这套丛书的目的就是帮助员工掌握好通信理论中的基本概念、基本原理，不仅要了解移动通信网络的结构、功能和所能提供的各种业务，还要了解为什么要这样设计这种通信网络。知其然，知其所以然。

网络设计水平的提高要通过知识的积累来实现。例如无线通信网络有其独特的特点，即无线传播路径非常复杂，从简单的视距传播到各种复杂的具有各种障碍物反射、绕射和散射路径，无线信道的传播特性具有极大的随机性。无线传播环境是一种随时间、环境和其他外部因素而变化的环境。因此，在网络设计中除了解基本理论外，实际经验也非常重要。这些经验需要总结，使大家能共同分享这些经验，以达到共同提高的目的，使我们的设计水平能够上一个新台阶。

这套丛书今后将会坚持理论与应用并重的思路，一方面要介绍通信理论和前沿技术，如各种第三代移动通信技术；另一方面要介绍与网络设计相关的应用技术，使其能够对网络设计有帮助。在技术分类方面，将会与我们的专业紧密相关，逐步介绍无线、传输、交换、电源及配套、信息系统、网络规划及优化方面的技术与应用。另外，还会介绍一些特定的专题技术，例如室内覆盖系统的设计与优化、直放站的设计与优化、切换方面的问题等。

这套丛书编委会的顾问是中华通信系统有限公司的何非常董事长、杨运鸿副董事长和吴龙云总经理。主编为方海鹰第一副总经理，副主编为王伯仲副总经理、朱志勇副总经理。

衷心地希望这套丛书能够为中华通信系统有限公司的发展，为我国通信工程设计水平的提高起到应有的作用。

《中华通信技术研究与应用丛书》编委会

2004年3月于北京

本书编写说明

改革开放以来,我国通信事业持续快速发展,实现了历史性的跨越,通信与信息服务行业成为各行业中发展最快的行业之一。

现代通信网络需要许多技术来实现,因此通信网络的设计也涉及到许多专业技术,包括通信网络规划、无线网络、信息与交换网络、线路和传输通信工程、通信电源及其他辅助设施等专业技术,这些专业技术相互之间关系密切,只有将这几部分密切结合在一起,才能形成性能良好的通信网络。

通信技术的进步,已使通信网络由过去的分级结构向无级化方向发展,这要求通信网络的设计也要有相应的变化,以适应这种网络结构的变化。

通信网络工程设计要解决的问题就是将通信理论和通信技术工程化,将通信设备有机地连接在一起,为用户提供优质的服务。现在的通信网络处于无限扩展阶级,如何充分利用网络资源是通信网络工程设计要解决的关键问题。

网络规划、设计要基本达到覆盖目标和假定的容量分布及质量目标,它要满足面、线、点目标。

本论文集集中的作者是中华通信设计院的设计人员,多年来承担了大量的网络工程设计工作,他们既有理论基础,又有实际工作经验,大多数论文是实际工作经验的总结,是现代通信工程设计实践的总结。

本论文集集中的论文涵盖了通信网络规划、无线网络设计、信息与交换网络设计、线路与传输通信工程设计、通信电源及其他辅助设施的设计等专业技术。论文的内容不仅包括无线通信网络、交换网络、传输线路和系统、电源与配套的设计,还包括综合资源管理系统、传输网络管理系统的设计。

论文集集中的论文分为三种类型:第一类论文是设计工作中所应用到的通信技术的总结,对设计工作有较好的指导作用,具有重大的实际意义;第二类论文是对某类通信技术的专题研究,属于理论研究方面的论文;第三类论文是对某类通信技术、通信理论和通信概念的介绍,属于普及性的论文。

相信这本论文集对提高中华通信公司的设计水平,提高我国通信网络工程设计水平起到应有的作用。

编者

2004年3月于北京

序

通信是现代社会中人们交流信息必不可少的手段，也是衡量一个国家或地区经济文化发展水平的重要标志。随着经济的高速发展，人们对信息的需求将日益多样化，信息收集和利用将步入人们的日常生活，成为工作和生活必不可少的一部分。人们通过听觉、视觉、味觉、触觉等感觉来感知现实世界而获取信息，并需要通过通信手段来传递这些信息，因此通信的基本形式就是在信源与信宿之间建立一个传输信息的通道。传统的通信方式局限于用电话、电报、传真等单一媒体来传递信息，但现代通信可以将声音、文字、图像、数据等合为一体，成为多媒体信息，通过宽带渠道来传递。

为了满足用户的需求，从最原始的点到点信息传递，演变为现代化的通信网络，中国电信业从20世纪90年代初到现在10多年的时间里发生了巨大的变化，最令人瞩目的是：顺利完成了由模拟向数字的过渡：移动通信成为通信业务的主体；由中国电信单一垄断的市场格局被彻底打破，竞争的市场格局已经基本形成。中国已经成为世界电信行业的大国。

通信网络飞速发展的动力来源于巨大的市场需求，通信网络运营公司在高速发展中投入了大量的资金对已有通信网络进行改造或建设新网络，以满足市场需求，并不断地提高网络的能力。实践证明，中国电信运营公司的巨大投入都获得了较好的市场回报，形成了良好的循环效应。然而，优良的通信网络工程设计可以使运营商在相同的投资规模下获得最大的经济收益，正是这样，目前各运营公司广泛地依托网络建设设计单位进行工程项目的规划设计。

一个完整的通信网络的建设过程包括：规划、勘察、设计、施工、优化等步骤。

通信网络的规划是运营商发展通信网络的纲领，它是根据社会政治、经济的发展和人们对移动通信的需求，以及通信技术不断发展的状况而制定的。规划涵盖了覆盖地区的城乡、工农业和商业发展，充分研究了用户的增长速度，并对新技术的发展方向和应用作了评估，对网络的长期和短期发展规模提出规划。通信网络的规划必须站在一定的高度，对技术发展高瞻远瞩，洞察市场变化，因此要求规划人员必须洞悉经济与技术发展趋势。

勘察包括宏观信息和城市规划调查、竞争对手调查和网络现场调查，网络现场调查是对候选局、站址进行实地了解、评估与分析，并最终对该局、站址进行确认的过程。

通信网络设计是把规划进行具体化，既是设备安装指导书，又是工程财务的概预算书。工程设计包含了工程实施的各个细节，其主要内容均有明确的规定，随着通信规模的扩大和技术的创新，对设计的要求越来越高，内容也更加丰富，对应于不同的通信业务，还应

增加相关的技术方案内容。因此，通信网络设计被称为是工程建设的灵魂，也是工程按期保质完成的主要环节之一。

施工是工程实施部门根据设计文件的要求进行设备的安装。安装完毕之后，应进行系统的调试，检验系统的各项指标是否满足设计要求，在正常情况下，经初验合格之后，网络即可投入试运营。

网络优化是在网络经一定时间运营，并已承担一定的网络负荷之后，通过对网络运营数据的分析，根据网络设计目标和实际网络的运营情况，对现网的资源利用进行调整和优化，采取必要的措施均衡网络的负荷，调整系统的参数设置，以达到进一步改善网络的质量，提高网络利用率的目的。

总而言之，从发展趋势来看，未来通信技术将向高速、宽带和多功能方向发展，未来通信信息系统将在互动性、可扩展性、实时性、健壮性和可用性方面有重大突破，电信网络、计算机网络和广播电视网络将逐步地走向融合，并且向着高速、宽带、实时的方向发展。而通信网络的规划设计对于未来网络的平滑演进，有效地保护已有的投资，提供丰富的业务将变得越来越重要。

本书结合长期的工程设计经验，提供了较丰富的实践体会，对于网络规划和工程设计人员有一定的参考价值。

中国联合通信有限公司总工程师

张范

2004年4月28日于北京

目 录

1. 无线网络设计中传播模型的校正	1
2. ××关隧道内外覆盖方案设计	17
3. 工程设计中的 CDMA 1X 基站配置方法及实例说明	27
4. 完善无线网络覆盖的解决方案	37
5. 跳频技术在 GSM 网络中的应用探讨	55
6. GSM 移动通信中同/邻频干扰分析	69
7. No.7 信令网的重要作用及其面临的挑战	76
8. 以软交换为核心的下一代网络技术特点及应用	84
9. 基于路由器的 MPLS VPN	94
10. 对电信运营商综合资源管理系统建立的探讨	117
11. 浅谈本地传输网络结构的优化设计	136
12. 传输网络管理系统建设的探讨	146
13. 关于省内干线设计问题的探讨	152
14. 3G 时代的光传输技术发展	162
15. SDH 体制的技术特点与发展	171
16. DWDM 在城域网中的应用	194
17. SDH 领域的黄金组合—— VC 与 LCAS	201

18. SDH 网的生存性与可靠性	208
19. SDH 光传输系统再生段长度计算	216
20. 充满前景的 PON 技术	226
21. 浅析通信电源系统的备用电源设计	234
22. 浅谈基站防雷与接地	242
23. 不直接产生经济效益项目经济评价中的收入确认	248
24. IP 电话协议及其比较	253

1. 无线网络设计中传播模型的校正

胡 敖 王丽英

摘要：本文简要介绍了无线电波传播的特点和模型校正的必要性，详细介绍了传播模型及模型校正前需要做的准备工作，阐述了模型校正的方法，并通过举例说明了模型校正的效果。

关键词：传播模型，CW 波测试，模型校正

传播模型是移动通信网小区规划的基础，传播模型的准确与否关系到小区规划是否合理，运营商是否以比较经济合理的投资满足了用户的需求。由于我国幅员辽阔，各地的无线传播环境千差万别。例如，处于丘陵地区的城市与处于平原地区的城市相比，其传播环境有很大不同，两者的传播模型也会存在较大差异。因此如果仅仅根据经验而无视各地不同地形、地貌、建筑物、植被等参数的影响，必然会导致所建成的网络或者存在覆盖、质量问题，或者所建基站过于密集，造成资源浪费。随着我国移动通信网络的飞速发展，各运营商越来越重视传播模型与本地区环境相匹配的问题。

一、市区传播模型校正的原因

在移动通信系统中，由于移动台不断运动，传播信道不仅受到多普勒效应的影响，而且还受地形、地物的影响。尤其在城市中，基站天线通常架在周围建筑物的上面，当用户位于建筑物之间的时候，移动台的位置较低，他们被建筑物阴影挡住，因此在基站和移动台之间通常是一条非视距的无线传播路径。其结果是无线电波只能通过反射、绕射和散射等传播途径建立基站和移动台之间的无线链路，几乎没有直射波。基于移动通信系统的上述特性，严格的理论分析很难实现，往往需对传播环境进行近似、简化，从而使理论模型误差较大。而最著名的统计模型是 Okumura 模型，它是 Okumura 以其在日本的大量测试数据为基础统计出的以曲线图表示的传播模型。在 Okumura 模型的基础上，利用回归方法拟合出便于计算机计算的解析经验公式。这些经验公式有适用于 GSM900 宏蜂窝的 Okumura-Hata 公式、适用于 GSM1800 宏蜂窝的 Hata 扩展公式。另外还有适用于微蜂窝的 Walfisch 公式及室内传播环境使用的 Keenan-Motley 公式。

不管是用哪一种模型来预测无线覆盖范围，只是基于理论和测试结果统计的近似计算。

由于实际地理环境千差万别,很难用一种数学模型来精确地描述,特别是城市街道中各种密集的、无规划的建筑物反射、绕射及阻挡,给数学模型预测带来很大的困难。因此在实际的场强预测中,一般都以 Okumura-Hata 模型作为基础预测模型,针对当地的实际无线环境作路测采集数据后对传播模型参数进行修正,获得符合本地区实际环境的无线传播模型。根据这些修正模型进行计算,再加上由地形地物参数引入的修正因子,就能较正确地预测结果。

二、经典传播模型介绍

移动通信环境中的电波传播模型有三种类型:第一种是确定性模型,一般是在一定的物理模型下由较严格的电波传播理论推导出来的理论表达式。它的计算结果是决定性的,但它要求给出完整的、全面的地理环境条件,比如绕射理论,射线跟踪法建立的模型。第二种是半确定性半经验模型,根据实验数据对确定性模型进行修正,以改善预测路径损耗精度,比如 COST231-Walfisch-Ikegami 模型。第三种是统计模型,它一般是由大量的实验测试数据拟合出来的经验公式或半经验半理论公式,甚至是经验曲线,比如 Okumura-Hata 模型。它们的预测结果是统计性的推断,当然可以具有所要求的可靠度和精确度。统计模型并不要求当地当时的精确的地理环境条件,只要求知道地理环境的条件的统计性数据。对于移动通信中实际存在的随机变化的无线电波传播现象和过程,统计模型是合适的。这种模型是以实验为基础的,如果有通过了大量实验数据的检验,那么它一般是比较可靠的,不会有大的差错。

下面对几种主要的传播模型做一简单介绍:

1. Okumura-Hata 传播模型

20 世纪 60 年代,Okumura(奥村)等人在东京近郊用宽范围的频率,几种固定站天线高度,几种移动台高度,以及在各种各样不规则地形和环境地物条件下测量信号强度。然后形成一系列曲线图表,这些曲线图表显示的是几个频率上的场强和距离的关系,固定站天线的高度作为曲线的参量。接着产生出各种环境中的结果,包括在开阔地和市区中场强对距离的依赖关系,市区中值场强对频率的依赖关系以及市区和郊区的差别,给出郊区修正因子的曲线、信号强度随固定站天线高度变化的曲线以及移动台天线高度对信号强度相互关系的曲线等。另外,给出了各种地形的修正。Hata 给出了形式为 $Loss=A+B \times \log d$ 的奥村测量结果的简单公式表示,式中 A 和 B 是频率、天线高度和地形类型的函数, d 是收发之间的距离。Hata 公式被限制使用在 100~1500MHz 频率范围内,距离在 1~20km 之间,基站天线高度在 30~200m 之间,移动台天线高度在 1~10m 之间。中值路径损耗的基本公式为:

$$L = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log(h_b) - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log(h_b)) \log d + C \quad (1)$$

$$\text{其中: 中小城市 } \alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8) \quad (2)$$

$$\text{大城市: } \alpha(h_m) = \begin{cases} 8.29(\log(1.54h_m))^2 - 1.1 & (150\text{MHz} \leq f \leq 200\text{MHz}) \\ 3.2(\log(11.75h_m))^2 - 4.97 & (400\text{MHz} \leq f \leq 1500\text{MHz}) \end{cases} \quad (3)$$

上式中: f 为工作频率, h_b 为基站天线有效高度, h_m 为移动台天线高度, $\alpha(h_m)$ 为移动台高度因子修正项, d 为传播距离, C 为地物校正因子。

2. COST231-Hata 传播模型

COST231-Hata 电波传播模型是 Hata 模型的扩展版本, 由欧洲研究委员会 COST231 工作组对 Hata 模型进行进一步开发, 将频率上限从 1500MHz 扩展到了 2000MHz。该模型通过对众多城市的小区域覆盖范围内的电波损耗实测, 修正了 Hata 模型的参数, 使之能够预测城市基站的小区域内覆盖, 并适用于 1800~1900MHz 频段的信号覆盖预测。COST231-Hata 模型的公式如下:

$$L = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log(h_b) - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log(h_b)) \log d + C \quad (4)$$

$$\text{其中: 中小城市: } \alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7) h_m - (1.56 \log(f) - 0.8) \quad (5)$$

$$\text{大城市: } \alpha(h_m) = 3.2(\log(11.75h_m))^2 - 4.97 \quad (6)$$

上式中: f 为工作频率, h_b 为基站天线有效高度, h_m 为移动台天线高度, $\alpha(h_m)$ 为移动台高度因子个修正项, d 为传播距离, C 为地物校正因子。

3. LEE 传播模型

在地形相对较复杂区域, 一般可应用 LEE 模型。LEE 模型以两波模型为基础, 在计算障碍或阴影损耗时采用刀刃(单刃或多刃)绕射损耗计算, 其天线有效高度的计算充分考虑了光波的镜面反射点, 理论基础严密, 也为实践所验证。LEE 模型的基本传输公式如下:

$$L_b = L_{30} - 20 \lg(h_e / 30) \quad (7)$$

$$L_{30} = L_0 + v \lg d + F_0 \quad (8)$$

其中:

L_0 : 距基站 1km 处的中值传输损耗。

h_e : 为考虑地形因素的基站天线有效高度。

v : 路径衰减斜率, 单位为 dB/10 倍距离。

F_0 : 移动台校正因子。

4. COST231-Walfisch-Ikegami 传播模型

COST231-Walfisch-Ikegami 传播模型是利用 Walfisch-Bertoni 的计算市区环境的结果并结合了 Ikegami 的处理街道走向的修正函数。实验修正也被加进来处理固定基站天线低于屋顶高

度的情况。该模型应用于 800~1800MHz 频段, 基站高度在 4~50m, 移动台高度 1~3m, 收发距离在 0.02~5km 之间。该模型是经验模型和确定性模型的结合, 使用时需要以下四个描述市区环境特征参数, 即: 建筑物高度, 道路宽度, 建筑物的间隔, 相对于直达无线电路径的道路方位。Hata 模式和 COST231-Hata 模式的预测精度与利用缺省值的 COST231-Walfisch-Ikegami 模式的预测精度是相同数量级的, 但是结果是不相等的。一般说来, Hata 模式预测的路径损耗比 Walfisch-Ikegami 模式的低 13~16dB, 主要是 Hata 模式忽略了来自街宽、街道绕射和散射损耗的影响, 而这些在 Walfisch-Ikegami 模式中包含了这些影响。

模型具体的公式内容较多, 在此就不一一列举了, 可参看相关的书籍。

三、校正数据收集

基本路测数据采集是做好模型校正的前提和基础, 因此这方面的准备工作一定要做得充分, 确保数据是可靠的、精确的、有全面代表性的。

1. 无线传播特征

无线信号在传播时会受到多种途径衰减的损害, 表示为:

$$P(d) = d^{-n} S(d) R(d) \quad (9)$$

其中, $P(d)$ 为接收信号功率, 是基站和移动台之间距离的函数; d^{-n} 为空间传播损耗, n 一般为 3~4; $S(d)$ 为阴影衰落, 是由传播环境中的地形起伏、建筑物及其他障碍物对电波遮蔽所引起的衰落, 也称长期衰落或慢衰落; $R(d)$ 为多径衰落, 是由移动传播环境的多径传播引起的衰落, 也称短期衰落或快衰落。

慢衰落特性符合正态分布, 而快衰落符合瑞利分布。快衰落是叠加在慢衰落上的信号的快速抖动。由于移动台的天线高度低于周围建筑物的高度, 并且载波波长远小于建筑物尺寸, 因此在移动台侧, 在半个波长的距离上信号变化动态范围可达 40dB (高于平均值 10dB, 低于平均值 30dB)。

对于移动通信系统, 式 (9) 的分析不太方便, 为了可以利用随机过程的理论分析移动通信的传播, 可把式 (9) 表示为:

$$r(x) = m(x) r_0(x) \quad (10)$$

其中, x 为距离, $r(x)$ 为接收信号; $r_0(x)$ 为瑞利衰落; $m(x)$ 为本地均值, 也就是长期衰落和空间传播损耗的合成, 可以表示为:

$$m(x) = \frac{1}{2L} \int_{x-L}^{x+L} r(y) dy \quad (11)$$

其中 $2L$ 为平均采样区间长度, 也叫本征长度。

因为地形地物在一段时间内基本固定, 所以对于某一确定的基站, 在某一确定地点的本地均值是确定的。该本地均值就是 CW 测试期望测得的数据, 它也是与传播模型预测值最逼近的值。

2. 测试要求

(1) 数据采集要求

路测就是尽可能获取在某一地区各点地理位置的本地均值, 即 $r(x)$ 与 $m(x)$ 之差尽可能小, 因此要获取本地均值必须去除瑞利衰落的影响。对于一组测量信号数据 $r(x)$ 平均时, 若本征长度 $2L$ 太短, 则仍有瑞利衰落影响存在; 若 $2L$ 太长, 则会把正态衰落也平均掉。因此在测试中确定 $2L$, 关系到能否使所测数据与实际本地均值更加逼近, 以及根据测试校正的传播模型预测的准确程度。因此为了平均快衰, 得到本地接收信号均值的估计, 一般要求每 40 波长 (对于 875MHz 为 14m) 距离内至少记录 50 个点的瞬时接收功率。对于每个测试区域, 测试采样点至少要超过 1000 个点。测试车速度要求小于 50km/h。

(2) 测试站址选择要求

在测试之前首先需要确定测试站址及其数量, 根据一般经验, 在人口密集的大城市, 测试站址应不少于 5 个; 对于中小城市一般一个测试站址就够了, 这主要取决于测试基站天线高度及其 EIRP 大小。站址选择的原则是要使它能够覆盖足够多的地物类型 (这些地物类型来自数字地图)。

作为测试站址, 它的第一菲涅尔区必须无障碍物。所选基站天线架设天面干净, 天线高度大于 20m。天线高于最近的障碍物 5m 以上, 周围无广告牌, 无密集铁架网, 无高大围墙, 100m 内无阻挡 (小角度方向有些阻挡也可)。周围建筑物低一层以上为宜。所选基站也不宜过高, 如周围建筑多为 8 层左右, 而所选基站高于 20 层则不合适。为引电方便, 30m 之内为宜。

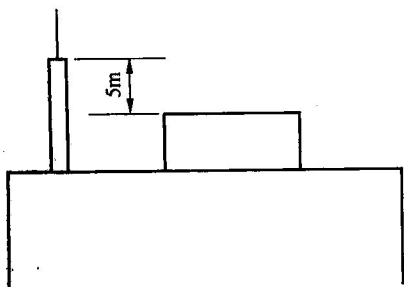


图1 站址选择标准示意图

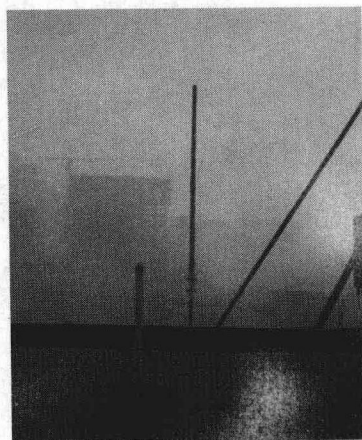


图2 实际架设天线图