

PHR(IHLB)

北京市属市管高等学校人才强教计划资助项目

北方工业大学 青年教师 学术论文集

主 编 王晓纯 吴晚云

副主编 苏 英 李正熙

北方工业大学

Z427/22

2008

青年教师学术论文集

主 编：王晓纯 吴晚云

副主编：苏 英 李正熙

图书在版编目(CIP)数据

北方工业大学青年教师学术论文集 / 王晓纯, 吴晚云主编. —北京:
中国社会出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-5087-2199-6

I. 北… II. ①王…②…吴 III. ①自然科学—文集②社会科学—文集
IV. Z427

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第065988号

书 名: 北方工业大学青年教师学术论文集
主 编: 王晓纯 吴晚云
责任编辑: 尤永弘

出版发行: 中国社会出版社 邮政编码: 100032
通联方法: 北京市西城区二龙路甲33号新龙大厦
电 话: (010)66080300 (010)66083600
(010)66085300 (010)66063678
邮购部: (010)66060275 电 传: (010)66051713
网 址: www.shcbs.com.cn
经 销: 各地新华书店

印刷装订: 北京天顺鸿彩印有限公司
开 本: 185mm×260mm 1/16
印 张: 23.25
字 数: 825千字
版 次: 2008年6月第1版
印 次: 2008年6月第1次印刷
定 价: 46.00元

提高核心竞争力,推进北方工业大学又好又快发展

——《北方工业大学青年教师学术论文集》序言

王晓纯

青年教师学术论文集的出版是学校的一件大事。我和吴晚云书记都非常高兴。在此首先向各位作者表示祝贺。

青年人值得重视,因为他们代表未来。就我校的情况看,青年教师不仅是学校未来的主力军,而且是学校现在的生力军。我们希望通过各种学习、研究、交流、教学实践和深造,我校的青年人能迅速成长,尽快走上各个关键性工作岗位。

在这里,我着重谈谈关于提高学校核心竞争力的问题。

高等教育的国际化对我国高等学校形成后发优势。当今高等教育的国际化成为不可阻挡的趋势。高等教育国际化的实质是教育教学质量的竞争,是人才的竞争。高等教育国际化,既给我国高等教育的发展带来了机遇,又提出了挑战。我国的高等教育必然要融入这一国际化的大潮之中,我校也必然要融入这一国际化的大潮中去。

高等教育的国际化是把跨国界的、跨文化的全球性的观念融合到高等教育的教学、科研和服务等各项功能中,引发教育目标国际化、教育内容国际化、教育方式国际化、教育理念国际化,推动高等教育的发展。这为我国高等教育利用后发优势,在教育领域缩小以致赶上发达国家,提供了可能性。

提高学校核心竞争力的关键在人才。人才的竞争,特别是创新人才的竞争,已成为提高综合国力和国际竞争力的决定性因素。

以香港科技大学为例,该校1986年初始成立建校筹备委员会,1991年正式开课,只用了短短二十年的时间,就成功发展成为世界一流大学。香港科大之所以能取得如此辉煌的成绩,关键在于不拘一格、汇聚英才。

再如韩国的浦项工科大学,同样成立于1986年。经过短短二十年的发展,就被国际上评为韩国理工领域第一名,被《亚洲经济周刊》评为亚洲理工大学第一名。该校能够快速崛起的关键也是建设了一支高水平的教学科研队伍。

以上经验表明,取得后发优势的最重要的表现在于突出科学研究,取得后发优势的关键是教学科研队伍建设。由于科学技术发展的领域十分广阔,任何国家、任何学校不可能在所有领域全部领先,发展中国家、一般院校可以充分利用自己的优势,找准方向,在世界科技中占领一席之地,使自己的创新活动可以与先进国家的创新同步进行。

首都经济社会的快速发展,为学校提高核心竞争力提出了要求,提供了方便。《北京市“十一五”规划纲要报告》提出,“十一五”期间,北京将推进产业结构调整和增长方式转变,大力发展高新技术产业,走高端产业发展之路。同时要以中关村科技园区为核心,以重点领域和关键技术为突破口,着力提高区域自主创新能力,努力培育全社会的创新精神,充分激发全社会的创新活力,率先进入创新型城市行列。实施首都创新战略,建设创新型城市,需要充分发挥高等学校特别是在京高等学校人才集中和智力密集的优势,充分利用高等学校的创新资源,建立和完善以企业和高等学校为主体、市场为导向、产学研结合的技术创新体系,为建设创新型城市提供强大的人才保障,大力提高为首都经济和社会发展服务的能力和水平。凡此种种,也在一定程度上,为我们提高学校的核心竞争力提供了机遇与动力。

我校作为一所普通高等学校,一方面,处于世界科学技术革命的浪潮之中,处于高等教育国际化的浪潮之中,处于我国高等教育快速发展的形势之中,处于首都社会经济快速发展的形势之中,面临着重要的机遇;另一方面,地处名校、重点高等学校林立的北京,由于办学历史、办学资源、办学环境、办学特色等方面的不利条件,又面对着严峻的挑战。我们必须在较短的时间内,走出一条又好又快的发展道路。把提高核心竞争力作为学校的工作中心,不断突显办学特色,增强学术科研水平,提高在同类高等学校中的竞争优势,是加快推进学校全面健康协调发展的必然

选择。

提高我校学校核心竞争力必须做好以下几项工作。

1. 提高核心竞争力,必须统一认识,确立核心竞争力在学校发展中的中心地位。统一认识是提高核心竞争力的前提和基础。学校党政领导和师生员工要充分认识到提高学校核心竞争力是新时期新阶段学校的工作重点,充分认识到提高核心竞争力对提升学校在与同类高等学校竞争中取得比较优势的重要作用,充分认识到提高核心竞争力对提高学校综合办学水平所起的重要作用,真正把提高核心竞争力放在学校、学院和各部门工作的中心位置,形成人力、物力、精力、财力以及舆论导向朝提高学校核心竞争力这一工作中心倾斜并聚焦的工作局面,进一步解放思想,紧抓机遇,群策群力,加快学校的发展。

2. 提高核心竞争力,必须以队伍建设为核心,促进学校核心竞争力的提高。培养人才是提高核心竞争力的根本。要牢牢地树立办学以教师为本的思想,从多角度强化措施,从队伍数量、学历、年龄结构、科研学术顶级人才、整体学术水平等各方面着手,进一步加大师资队伍的培养和引进力度,尽快造就一支学术水平高、创新能力强、作风严谨、团结协作的人才队伍,促进学校核心竞争力的提高。

3. 提高核心竞争力,必须建立明确的责任机制。责任机制是提高核心竞争力的保障。学校领导班子和校长是学校提高核心竞争力的第一责任人,各学院院长、党总支书记是提高学院核心竞争力的主要责任人,系主任是提高本专业或本系核心竞争力的责任人,各自要承担起相应的责任,做到分工负责、协调配合,年初有工作计划,年末有工作总结,切实做好提高学校核心竞争力的各项工作。教师也应有相应的考核内容。学校将把提高核心竞争力的工作业绩作为重要指标纳入干部和教师的考核指标中去。

4. 提高核心竞争力,必须完善竞争机制,营造良好的人才创新环境。适宜的人才成长环境是学校提高核心竞争力的保证。学校将结合岗位设置、职称评聘和教师职称职务分级考核等工作,建立并完善激励机制、约束机制和退出机制,真正营造尊重知识、尊重人才、尊重创造、尊重贡献的浓厚的校园文化氛围,形成优秀人才“进得来、留得住、出成绩”的竞争机制,促使创新人才脱颖而出,做出优秀成果,做出重大成果。

5. 提高核心竞争力,必须开展学术科研重点工程建设。重点工程是学校提高核心竞争力的支柱。以国家和地区的战略需求为目标,以重大课题、重点课题和项目为纽带,确立或开辟若干有发展潜力的研究领域和方向,组建若干有一定特色的前沿研究机构(项目组),建设若干重点研究基地,重点支持青年教师开展学术研究,重点建设一些学科,重点资助重大科研项目,汇集人才,重点突破,凝练学术研究特色,提高科研学术水平。

最后,我要特别强调的是,提高学校的核心竞争力,全校教职员工的每个人都有责任,青年教师尤其有着特殊的责任和使命。希望你们在今后的的工作中能够展示青春才华,拓宽学术视野,增长教研才干,做出独特奉献。

是为序。

目 录

一种低功耗的调度算法	王伟宾(1)
指纹图像特征提取和匹配算法研究	叶 青 臧 森 黄 明(4)
基于 Matlab 的移动卫星信道模型研究	邢志强 王伟宾 张力科(8)
基于 MATLAB 与 VB 的信号分析与处理软件的研究	范锦宏 武梦龙(12)
基于 485 总线的通用数据采集系统设计与实现	方英兰 韩 兵(17)
嵌入式 Web 服务器 Boa 在 ARM9-Linux 系统上的移植	程楠楠 韩少龙 李志军(20)
基于 FPGA 的色彩空间变换设计与实现	臧 森 叶 青 何 丽(23)
SOPC 红外实时成像系统技术研究	鲁远耀 王景中(26)
VR 关键技术在北京工大校园漫游系统中应用	何 丽 范锦宏 孟 丹(30)
无线投票系统设计	黄 明 宋兵兵 宋 鹏(33)
计算机游戏物理模拟技术分析	韦 欢 蔡兴泉(35)
基于单片机温度控制系统设计	年四成 马秀坤 李志军 毛立虎(38)
一种基于 DSP2812 交流调速系统控制方案的设计	曹 靖 陈亚爱 马秀坤 李红涛(41)
基于迭演博弈的预算约束机制研究	程晋峰(46)
我国封闭式基金与开放式基金绩效对比研究	王书平(49)
基于社会责任理论的企业绩效评价研究	付艳荣(54)
儿童在家庭购买中的角色研究	刘 莉 尚会英(58)
顾客体验在服务营销过程中的价值研究	张立章(62)
被收购上市公司固定资产调整估值方法研究	刘 捷(66)
债务重组准则修订的经济后果分析	何丽梅 张考考(69)
我国出口企业非理性行为及分析	孙 强(72)
宽带薪酬对我国高技术企业研发人员的适用性分析	郑强国 王 勇(75)
消费者对品牌数码相机感知价值差异分析——来自北京市场的调查	陈新辉 金 鑫(79)
升息周期中我国商业银行利率风险的分析管理	李洪梅(84)
我国家电企业从事跨国经营的技术创新动因及策略	郝 凯(88)
我国新所得税会计准则的变化及经济后果探析	蔡 炯 袁红杰(92)
会计电算化环境下的会计内部控制初探	邓一春(95)
在审计效率评价中引入 DEA 方法的探讨	刘桂春(98)
浅谈董事会绩效评估方法的选择	魏秀丽 郑沁文(100)
中美贸易失衡:人民币不该成为替罪羊	谢朝阳(103)
城市建设的可持续发展思想与绿色设计方法	任雪冰(106)
悬索桥与斜拉桥用钢丝的发展及应用	王 辉 方 兴 史永吉(109)
干燥转轮复合除湿空调系统实验研究	贾春霞 赵玉清 代彦军 吴静怡(113)
丁村明清民居建筑的装饰文化	潘明率(117)

黄土液化的概念、机理、判别方法和研究的最新动态	王运霞 高志军 姜亭亭(121)
水源热泵技术研究及应用	赵玉清 贾春霞(125)
论生态设计理念在园林景观设计中的应用	商振东 姬凌云 李 婧(128)
博物馆设计中的功能与形式关系辨析	蒋 玲(131)
浅议窗及玻璃幕墙的系统观设计理念	马 欣(134)
消费时代建筑师的社会文化身份	王又佳(138)
社区层面的城市规划生态控制措施初探——Adelaide Eco-city	
案例研究	姬凌云 商振东 李 婧(141)
浅谈秦代兵马俑雕塑和希腊帕底农神庙雕塑表现形式及造型特点的异同	石千里(146)
网络文化对高校德育的影响及对策研究	闫贺杰(150)
公共艺术在北京城市道路景观中的应用研究	任永刚(152)
图形创意在广告设计中的应用	尹小龙(156)
浅析我国电视购物产业的现状及对策	张 哲(160)
城市环境设计发展趋势探讨	全 进(163)
现代展示设计中的视觉文化	黄春滨(166)
浅论“新艺术运动”的美学渊源	龙怀冰(169)
可持续发展的设计思考	李 敏(172)
标志设计中的图形创意思考	姚政邑(176)
网络自主广告传播行为	王 怡(179)
工业设计中的创造性思维探索	李培盛(182)
斯堪的纳维亚玻璃生产的历史	张鹏程(185)
道德目的即生长——杜威对于“道德目的”之改造	李志强(189)
试从作家性别角度对比《枕草子》与《徒然草》——以历史背景、文体以及美意识为中心	徐 美(192)
从心学到金丹之道的阐释——《西游证道书》评点的地位	胡淳艳(195)
新时期马克思主义中国化理论主线探析	朱建平(198)
论船旗国法原则对动态船舶所有权的适用	吴莉婧(201)
论公司法对商事交易安全原则的维护	李丹宁 王 瑞 王斐民(204)
论经济犯罪案件中证据的收集	尚 华(208)
人称指示语先用现象及其在英汉语中的异同	赵宏伟(212)
从翻译实践看语境的作用	李 华(215)
从空间意象图式看汉英群体量词	杨仁瑛(218)
英语习语转换的认知研究	吕雅菲 牟凌娟(222)
词语感情色彩意义与对外汉语教学	刘 妍 李益静 张英伟(225)
野间宏创作论	莫琼莎(229)
日语“可能表达方式”的误用分析——从母语影响的角度分析	赵玉婷 范晓萍 郑成芹(232)
浅议德语熟语中隐喻对合作原则的违反	梁丹丹(236)
日语指示词的误用例分析	郑成芹 范晓萍 赵玉婷(240)
我国自行车男子4公里团体追逐赛训练的研究	徐 勇(243)
影响垒球运动在高校发展的主要因素及对策研究	王 广(247)
浅析普通高校业余篮球裁判员临场能力的培养	张 丁 朱嘉祥(250)
削球手在比赛中搓中反攻和削中反攻使用的比较分析	贾 娜(254)
浅谈北京市普通高校研究生体育需求与教学	罗洪涛(258)
Ajax 技术在企业级应用中的价值分析	王若宾 肖 彬 马时来 朱科雷(262)
基于保存点的事务处理在设备管理系统中的应用	张师林(266)
水情图形组态系统的设计与开发	刘炳兴 邓自佑(269)

附:教改论文

高校档案室拓宽发展空间的方法	刘琳	张福秀(274)
浅论科学发展观以人为本核心的确立	尉峰	(277)
关于我校中青年骨干教师培养计划的几点思考	陈勇钢	毛晓慧(280)
浅析当今高校学分制下的学籍管理	刘慧 魏金强	尹天光(283)
大学生幸福感探析		姚彩琴(286)
论当前高校辅导员师爱的养成	隋俊宇	田红芳(289)
高校校园节能系统及管理方法研究	王宝利	庚谦(291)
单片机实验教学探索与改进	杨扬 陈勇钢	白文乐(295)
信息处理技术课程设计的探索与实践	盛智勇 黄明 韩宇龙 赵徐森	张东彦(297)
微电子专业创新人才培养模式的改革	姜岩峰 张晓波 杨兵 鞠家欣	张静(300)
国际贸易实务课程整体教学改革研究	白小伟	姜廷书(304)
自主参与课堂教学模式探讨	尚会英	刘莉(307)
对构建城市规划专业教学体系的探索	李靖 贾东 姬凌云	商振东(310)
以工业产品分析为切入点的建筑设计教学实践		张勃(313)
“建筑设计及其理论”专业硕士生教学工作实践与展望——以“古建筑保护与设计” 课程教学实践为例	安沛君	梁玮男(317)
国际交流在建筑学教育中的作用	胡燕	(321)
对大学开展人文教育的思考	郁文红	王运霞(325)
本科建筑教育中的德育素质培养	杨绪波	朱虎(328)
建筑 CAD 教学体系浅议	张宏然	张勃(331)
国外法学教育的几点启示		董慧凝(335)
场独立、场依存与大学英语教学设计研究	王亚非	胡忠丽(338)
交际教学法在大学英语课堂中的应用	张秀英	宋蕾(341)
图式理论在大学生英语写作教学中的应用		顾斌(344)
论改革大学英语教材的必要性和可行性		刘海峰(348)
外语焦虑、自信与英语成绩关系的研究		战凤梅(351)
影响大学生学习成绩因素分析	赵桂梅 肖春来	刘培林(354)
推动高校共青团工作的实践化、基层化——高校学生奥运志愿者培训 工作的启示	邓晶晶 王运霞 罗志伟 郭嘉	马志伟(357)
后记		(360)

一种低功耗的调度算法

王伟宾

摘要 本文给出了一种在时间和资源约束下,多供应电压的低功耗调度算法。算法用数据流图(data flow graph DFG)作为输入,尽可能为DFG中节点分配低电压,从而使功耗最小化。其中,使用了一个优先函数来选择合适的节点以便降低其电压,同时利用list-based调度算法对DFG进行调度。大量的DSP基准实验结果表明,此算法能够在最大化地利用低电压资源和减少整个电路延迟之间获得一个令人满意的平衡。

关键词 调度;数据流图;多电压;基准

Abstract This paper presents a scheduling algorithm of low power consumption for multiple voltage supply under the constraint of time and resources. The algorithm is to input DFG (data flow graph) and tries to distribute low voltage to the nodes so as to minimize the power consumption. A priority function is used to select proper nodes to lower the voltage and a listed-based scheduling algorithm go schedule FG. A large number of reference tests show that this algorithm can achieve a satisfactory balance between making maximal use of low voltage resources and reducing the delay of the whole circuit

Key words schedul;algorithm;data flow graph;multiple voltages

众所周知,集成电路的发展一直遵循着 Moore 定律,通过对器件按比例缩小来不断提高集成密度。这种发展的基本动力主要是为了获得更大的经济效益,即不断降低每功能电路或每存储位的成本,并获得更好的电路性能。此种方法主要把精力放在如何设计更为复杂的功能、高速的性能和尽量小的面积上面。然而,随着 VLSI 集成度不断的提高,电路的功耗问题显得越来越突出。因此,功耗已经逐渐成为 VLSI 设计时首要考虑的因素。

VLSI 低功耗设计技术覆盖面广,设计灵活多变,既有系统的整体规划,又有物理的局部考虑,设计方法^[1-2]自下而上可以分为:物理层、逻辑层、结构层、行为(算法)层和系统层。然而,在过去低功耗的研究主要集中在物理层和逻辑层,很少有研究行为层低功耗的,直到最近几年,行为层的低功耗技术才逐渐进入人们的视野。

行为层的功耗优化方法有许多种。例如,在文^[3]中运用“shut-down”技术来降低功耗,在文^[4]中通过最小化功能单元的灵活性来降低功耗,同时,因为大规模集成电路整个功耗主要是由动态功耗^[5]来决定的,并且电源电压和动态功耗成二次平方关系,所以降低供应电压是最有效的降低功耗方法。然而,减小供应电压会导致电路延迟的增加和吞吐率的减小。所以为解决上述问题,一部分研究者采用并行和流水线结构的方法来提

高吞吐率^[6];还有另外一部分人通过在芯片上设置多个供应电压^[7-10]来达到上述目的,即在芯片关键路径上分配较高电压的资源以此提高系统速度,而在非关键路径上分配较低电压的资源以此降低系统功耗。通过采用这种方法,既降低了功耗,又不致于使整个系统的延迟增加和吞吐率降低。因此,多电压技术在行为层的功耗优化中起到了举足轻重的作用。

在文^[7]中,作者将基于时间约束下非调度的 DFG 作为输入,利用 DFG 中各操作之间潜在的并行性关系来对此 DFG 进行调度,同时在关键路径上分配适当的高电压,在非关键路径上分配适当的低电压。在文^[8]中,根据每个操作的灵活度和不同电压下的延迟关系尽可能分配给操作较低电压,达到降低功耗的目的,同时该算法也具有较低的时间复杂度。

在文^[9]中,作者提出了在时间和资源约束条件下,一种基于整数线性规划(Integer Linear Programming ILP)算法的多电压调度方法。在文^[10]中,作者也提出了一种基于整数线性规划算法的多电压调度方法。但是,在文^[9]中调度算法具有非常高的时间复杂度。相比较文^[9]中的指数的时间复杂度,在文^[10]中提出的调度算法时间复杂度只有 $O(n^2 \log n)$ 。

在本文中,我们提出在时间和资源约束条件下一种多电压的调度算法。虽然,此算法具有较高的时间复杂度,但它却能够将功耗大大地降低。

1 问题描述

在本文中,在时间和资源约束条件下多电压调度算法可以如下描述:

给出的 DFG 以及时间和资源约束条件,找到符合该约束条件的一个调度,使得功耗最小化。

在我们多电压调度中,需要考虑两个问题:第一是如何找到最合适的节点,通过降低其电压,达到功耗降低的最大化;第二是如何在时间和资源约束条件下,有效调度此 DFG。当然,这两个问题是相互联系的。当第二个问题能顺利完成时,第一个问题的处理才有意义。同时,我们也必须明白,全部工作的目的是达到功耗降低的最大化。在第一个问题上,我们通过使用了优先函数^[9](Integration_Gain)来选择合适的节点。这个优先函数包括三个部分组成,即操作的功耗增益、操作的灵活度和操作的疏密度。在第二个问题上,我们通过使用 list-based 调度算法来完成在时间和资源约束条件下多电压节点的调度。

2 算法描述

在这一节中,我们将提出在时间约束 T_c 和资源约束 R_c 条件下的多电压调度算法。算法的输入包括时间和资源约束条件,以及对应电路的 DFG 描述。首先,我们将最高电压分配给 DFG 中的每个节点,同时计算每个节点的 Integration_Gain 值,我们从 DFG(抛除 MarkList 列表中的节点)中选择 Integration_Gain 值最大的节点,并降低该操作的电压到下一个电压级别,然后在资源约束条件下使用 list-based 调度算法对 DFG 进行调度。如果调度后,整个电路所用时间超出时间约束 T_c ,那么我们恢复该操作到原来电压级别,并将该操作放入 MarkList 列表中,同时更新 DFG 的调度。反之,继续选择满足条件并且 Integration_Gain 值最大的节点(降低其电压)进行调度。如此反复,直到迭代次数超出 kn (k 为电压级别, n 为操作数量)或者不能发现 Integration_Gain 值最大的节点。

```
Scheduling_Algorithm_Minimize_Power
(DFG, Rc, Tc)
{
    SDFG = Initial_Scheduling(DFG, Rc, Tc);
    while (IterativeNum < kn)
    {
        Calculate_Integration_Gain(SDFG);
        Node = Max_Integration_Gain(SDFG, MarkList);
        If(Node = NULL)
            break;
```

```
        ReduceVoltage(Node);
        SDFG = List_Scheduling(DFG, Node, Rc);
        if (Step(SDFG) > Tc)
        {
            IncreaseVoltage(Node);
            Insert_MarkList(Node);
            SDFG = List_Scheduling(DFG, Node, Rc);
        }
        IterativeNum ++;
    }
}
```

3 复杂度分析

在上述算法描述中,Initial_Scheduling 时间复杂度为 $O(n\log n)$,调度次数小于 $kn(k \ll n)$ 。Calculate_Integration_Gain 时间复杂度为 $O(n)$ 。同时,由于 List_Scheduling 时间复杂度为 $O(n\log n)$,因此整个算法的时间复杂度为 $O(n^3 \log n)$ 。

4 实验数据

表 1 实验结果

Benchmark (DFG)	Rc	Tc (cs)	P5 (PJ)	P (PJ)	Reduce (%)
biquad	(2+, 2*)	44	18236	4995.3	72.6
dct	(2+, 2*)	56	43132	21101.1	51.1
dct	(2+, 2*)	56	43132	21101.1	51.1
fir7	(2+, 2*)	44	18236	4978.7	72.7
fir11	(2+, 2*)	60	28724	8428.1	70.7
nc	(2+, 2*)	100	82960	44771.4	46.0
volterra	(2+, 2*)	68	43748	18842.2	56.9
wavelet	(2+, 2*)	72	73180	46086.2	37.0
wdf7	(2+, 2*)	108	49464	12427.7	74.9

在这部分中,我们给出了应用我们提出的多电压调度算法进行 HLS 基准实验的结果。该算法用 C++ 语言编码,在 Windows XP 系统下调试运行。设计库从^[10]中得到,由两种类型函数单元组成:加法器和乘法器,二者在 5.0V、3.3V、2.4V、1.5V 四种电压下的任一电压下都能够工作,并且每个函数单元的延迟和功耗情况完全已知。结点的转换性假定为 0.5。资源约束 R_c 是一个整数集合。例如,如果 R_c 表示成(2+, 2*)则表示在每控制步中,允许有 5V、3.3V、2.4V、1.5V 下的 2 个乘法器或加法器工作。时间约束 $T_c(1cs=20ns)$ 设为 4T,其中 T 是所有资源在 5V 电压下并且资源约束为 R_c 时,ASAP(as soon

as possible)调度的总时间。设定优先函数中参数分别为 $a=10, b=1, c=1$, 实验结果在表 1 列出。可以看到, 多电压设计下的能量消耗比单一供应电压下的消耗减少 49.6%。例如: 在电路 diquad 中, 5V 电压下整个电路的能耗是 18236pJ, 在多电压下时功耗却为 4995.3pJ, 能量消耗减小 72.6%。

另外, 我们还将此算法与相同约束条件下文中^[4]中算法进行了对比。如图 1 所示, 此算法具有更大的功耗降低百分比。

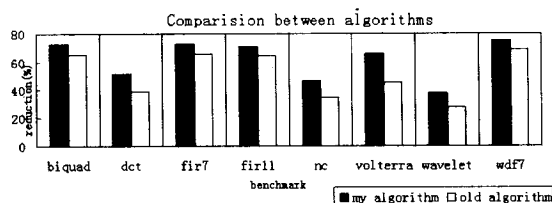


图 1 新旧算法功耗降低百分比对比

5 结论

本文给出了一种在时间和资源约束条件下多电压调度算法, 通过大量的 DSP 基准实验, 已经证明其在平衡功耗, 资源和延迟方面行之有效。

下一步的工作主要是研究调度和互联相结合的功耗优化算法。

注 释

[1] A. Chandrakasan and R. Brodersen. Minimizing power consumption in digital CMOS circuits. in Proc. IEEE. Apr 1995, 83

(4):498-523

[2] H. Veendrick. Short-circuit dissipation of static CMOS circuitry and its impact on the design of buffer circuits. IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1984, 19(4):468-473

[3] J. Monteiro, S. Davadas, P. Ashar and A. Mouskar. Scheduling Techniques to Enable Power Management. Proc. of 33rd DAC' 96. 1996:349-352

[4] E. Musoll and J. Cortadella. High-Level Synthesis Techniques for Reducing the Activity of Functional Units. International Symposium for Low Power Design. 1995:99-104

[5] 徐志兰, 杨莲兴. CMOS 集成电路低功耗设计方法. 微电子学. 2004, 34(3):223-226

[6] A. Chandrakasan, M. Potkonjak, R. Mehra, R. W. Brodersen. Optimizing Power Using Transformations. IEEE Trans. on CAD of Integrated Circuits and Systems. Jan 1995

[7] S. Raje and M. Sarrafzadeh. scheduling with multiple voltages. Integration the VLSI Journal. Oct 1997

[8] W. Shiue and C. Chakrabarti. Low power scheduling with resources operating at multiple voltages. IEEE Trans. Circuits Syst. II 47. 2000, 47(6):536-543

[9] M.C. Johnson and K. Roy. Datapath Scheduling with multiple Supply Voltages and Level Converters. ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems. July 1997, 2(3): 227-248

[10] Y-R. Lin, C-T Hwang and A. C-H. Wu. Scheduling techniques for variable voltage low power design. ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems. 1997, 2(2):81-97

[11] J.-M. Chang and M. Pedram, "Energy minimization using multiple supply voltages," IEEE Trans. VLSI, vol.5 pp.157-162 Dec. 1997

指纹图像特征提取和匹配算法研究

叶 青 臧 森 黄 明

摘 要 根据指纹的固有规律,提出了一套较完整的指纹图像特征提取和匹配的算法。该套算法以搜索脊线寻找细节点作为特征提取算法的核心,采用了基于极坐标下的点模式的细节匹配算法,并给出一个相对匹配点数的匹配判决标准。实验结果表明该算法能够对指纹进行准确的比对与识别,有较低的误识率,取得了较好的匹配结果。

关键词 自动指纹识别系统;特征提取;匹配

Abstract Based on the inherent feature of fingerprint, a set of integrated algorithm to capture the features of fingerprint images and to match the minutiae is provided in this paper. Fingerprint minutiae are captured by searching ridge and its the core of this algorithm. Fingerprint image was matched by using the algorithm based on minutiae of fingerprints in polar coordinate, which included a matching criterion for the relatively matching minutiae. Experimental results show that the algorithm could correctly compare and identify the fingerprints with few mistakes and better results.

Key words automated fingerprint identification system; minutiae extraction; fingerprint matching

指纹是指手指末端正面皮肤上凸凹不平的纹路,具有唯一性和终生不变的特点。自动指纹识别系统一般包括指纹图像采集、指纹图像预处理、特征提取、特征值的比对与匹配等过程。指纹图像预处理过程一般包括:方向场估计、指纹增强、二值化和细化等步骤,其目的在于消除图像中的各种噪声干扰,把它转化为一幅纹线清晰的点线图,突出指纹图像中的脊线,以便于特征提取和识别。特征提取是对预处理后的指纹图像提取末梢点、分叉点等细节特征点的坐标、方向、类型及其对应脊线的属性信息,建立相应的特征模板,以便进行指纹匹配工作。指纹匹配是指在两枚指纹的特征点分别提取出后,比较二者的特征点的位置、类型和方向是否吻合,以达到身份鉴别认证的目的。本文对指纹识别系统中的特征提取和匹配算法进行研究,提出了一套完整的指纹特征提取和匹配算法,并对原有的匹配算法进行了改进,采用了相对匹配点数的匹配判决标准,提高了系统的识别率。该套算法是在验证模式上对指纹识别技术作的研究和开发。

1 特征提取

自动指纹识别系统中,最常用的指纹细节特征点主要指的是纹线末梢点和纹线分岔点。大量的统计结果表明,这两类特征点在指纹中出现的次数最多、最稳定,而且比较容易获取。更重要的是,使用这两类细节特征点就足以描述指纹的唯一性。

指纹图像上脊线的灰度值为0(黑色),背景色的灰度值为255(白色)。在指纹图像上,依次计算灰度值为0的像素点的8邻域的连通数(8邻域的连通数表示在以某个像素点为中心的 3×3 的图像窗口内,该中心像素点的8邻域中与该中心像素点的灰度值相同的个数)。如果统计的脊线上的某像素点的连通数为1,则表示该点为纹线末梢点;如果统计的脊线上的某像素点的连通数为3,则表示该点为纹线分岔点。

在特征提取时,沿着经过特征点的脊线(如果是分岔点,则需要从3条中选择一条)追踪,从而记录相关信息。

对最终检测出来的每一个细节点,记录如下信息:

- (1)细节点在指纹图像上的 x, y 坐标;
- (2)细节点的方向,这个方向定义为该细节点所在的局部脊线的方向;
- (3)细节点的类型:脊线末梢的类型值为0,脊线分岔的类型值为1;
- (4)细节点对应的脊线(d_i, a_i)。

这样就将一幅指纹图像转化为一个由细节点组成的平面点集。

细节点对应的脊线用该脊线上的采样点来表示,采样点的距离约为脊线间的平均距离(本文中取9)。若细节点是末梢点,则其对应的脊线就是与该末梢点相连的脊线。若细节点是分岔点,通过指纹图像的指纹图像增强的方向场估计后,可以得到该分岔点的方向,分岔点

的脊线就是与该分岔点的方向最近的那条脊线。采样点用该点与对应细节点的距离 d_i 和 a_i 连接该点与对应细节点的直线与对应细节点方向的夹角 a_i 来表示 a_i 的取值范围是 -180 度到 180 度。在细节匹配中,对应脊线将被用来对要匹配的两个平面点集进行校准,而且校准的参数,也就是两个点集中任意一对脊线间的旋转角度,将被用来作为判断它们所对应的细节点能否看做匹配的细节点的条件。

本文特征提取算法核心是搜索脊线寻找细节点,要求统计到的细节点对应的脊线的采样点个数大于等于 4 个,否则这个细节点不作为匹配的细节点。从而滤出了一些伪特征,提高了系统的抗噪声性能,为后续的匹配工作做好了准备。

2 基于极坐标下的点模式的细节匹配方法

本文在指纹匹配部分对中国科学院自动化研究所人工智能实验室的罗西平和田捷提出的基于极坐标下的点模式匹配的算法^[4]进行了研究,并给出一个相对匹配点数的匹配判决标准,取得了较好的匹配结果。

2.1 细节点的校准

记 P 为在模板指纹图像中提取的个特征点组成的点集, Q 为在输入指纹图像中提取的个特征点组成的点集,则有:

$$P = \{(x_1^p, y_1^p, \theta_1^p)^T, \dots, (x_M^p, y_M^p, \theta_M^p)^T\}$$

$$Q = \{(x_1^q, y_1^q, \theta_1^q)^T, \dots, (x_N^q, y_N^q, \theta_N^q)^T\}$$

其中 x_i^p, y_i^p, θ_i^p 为模板点集 P 中第 i 点在所属图像中的直角坐标和方向; x_j^q, y_j^q, θ_j^q 为输入点集 Q 中第 j 点在所属图像中的直角坐标和方向。

为了把细节点转换到极坐标系中,要在模板细节点集和输入细节点集中各选一个参照点作为相应的极坐标系中的原点,并算出其他细节点相对于参照点的极坐标。

对模板点集中的每一点 $P_i (1 \leq i \leq M)$ 和输入点集中的每一点 $Q_j (1 \leq j \leq N)$, 定义 $rotate[i][j]$ 为将 P_i 和 Q_j 当作参照点对时,从输入图像到模板图像的旋转角度。如果 P_i 与 Q_j 可以被当成一对对应点,即它们分别对应的脊线相似性到一定程度,则 $rotate[i][j]$ 将取 0 度 -360 度间的一个值,否则定义 $rotate[i][j]$ 取值为 400 以表示 P_i 与 Q_j 不能作为一对对应点。

如果 P_i 和 Q_j 是相同类型的细节点,且记录的对应脊线中的采样点个数接近,则它们(P_i 与 Q_j)是不是对应点对及的取值将由如下算法决定:

用 P_i 和 Q_j 表示细节点对应的脊线, r 表示细节点

Q_j 对应的脊线。匹配 r 与 R , 用公式 (1) 来计算这两条脊线间的差异:

$$Diff_dist = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^M |R(d_i) - r(d_i)| \quad (1)$$

$$Diff_ang = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^M |R(a_i) - r(a_i)|$$

式 M 中为记录脊线中的点的个数; $R(a_i)$ 为从脊线 R 上的点 i 到对应细节点的距离; 为从脊线 r 上的点 i 到对应细节点的距离; $R(a_i)$ 为连接脊线 R 上的点 i 与对应细节点的直线同对应细节点方向的夹角; $r(a_i)$ 为连接脊线 R 上的点 i 与对应细节点的直线同对应细节点方向的夹角。

校准示意图如图 1 所示。如果这两条脊线的差异 $Diff_dist$ 和 $Diff_ang$ 分别小于设定阈值 Td 和 Ta , 也就是说这两条脊线的形状在一定程度上相似, 那么 P_i 和 Q_j 必能被当作对应细节点对, $rotate[i][j]$ 为:

$$rotate[i][j] = dir_tmp - dir_in \quad (2)$$

式中 dir_tmp 和 dir_in 分别为 P_i 和 Q_j 的方向。

如果 $diff_dist$ 大于 Td 或 $diff_ang$ 大于 Ta , 也就是说两条脊线彼此不相似, 那么细节点 P_i 与 Q_j 不能被当作对应细节点对, $rotate[i][j]$ 的值将设定为 400 。

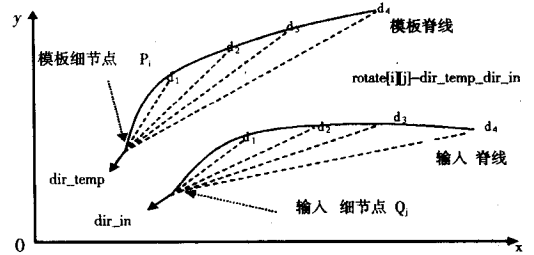


图 1 输入细节点和模板细节点的校准

由于最后要将细节点都转换到极坐标下, 只需将输入细节点与模板细节点都分别相对于参照点 P_i 和 Q_j 转换到极坐标系中, 然后在所有输入细节点的极角上加一个角度 $rotate[i][j]$ 。也就是说, 将输入细节点与模板细节点都分别相对参照点 P_i 和 Q_j 用下面的公式 (3) 转换到极坐标系中:

$$\begin{pmatrix} r_i \\ e_i \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (y_i - y_r)^2} \\ \tan^{-1} \left(\frac{y_i - y_r}{x_i - x_r} \right) \\ \theta_i - \theta_r \end{pmatrix} \quad (3)$$

式中 $(x_i, y_i, \theta_i)^T$ 为待转换细节点的坐标; $(x_r, y_r, \theta_r)^T$ 为参照

细节节点的坐标; $(r_i, e_i, \theta_i)^T$ 为细节节点在极坐标中的表示; r_i 为细节节点的极半径; e_i 为细节节点的极角; θ_i 为细节节点相对于参照细节节点的方向。

然后, 对每一个输入的细节节点的属性 e_i 加一个角度。

2.2 校准后的细节匹配

限界盒是放在模板细节节点上的一个盒子^[2]。限界盒的大小用 $radius$ 和 $angle$ 来表示。本文使用的是可变大小的限界盒, 即 $radius$ 和 $angle$ 的值将随着细节节点的极半径大小而改变。极半径为 r 的 $radius$ 模板细节节点的和可由下面的公式 (4) 计算出来:

$$\begin{aligned} radius &= \begin{cases} r_small & \text{if } r_size \leq r_small \\ r_size & \text{if } r_small < r_size < r_large \\ r_large & \text{if } r_size \geq r_large \\ r_size = r_small + r \times r_ratio \end{cases} \\ angle &= \begin{cases} a_small & \text{if } a_size \leq a_small \\ a_size & \text{if } a_small < a_size < a_large \\ a_large & \text{if } a_size \geq a_large \end{cases} \\ a_size &= \frac{r_size}{r} \end{aligned} \quad (4)$$

式中 r_large, r_small 为 $radius_size$ 的上界和下界; a_large, a_small 为 $angle_size$ 的上界和下界; r 为模板细节节点的极半径; r_ratio 为预先设定的常数。

细节匹配算法具体步骤如下:

(1) 对每一个 $i (1 \leq i \leq M)$ 和每一个 $j (1 \leq j \leq N)$, 如果 $rotate[i][j] = 400$, 即细节节点 P_i 和 Q_j 不能被当作对应细节节点对, 则重复此步并选择另一对 P_i 和 Q_j , 否则转向步骤 (2)。如果所有的细节节点对都已考虑过了, 则转向步骤 (5)。

(2) 将 P_i 和 Q_j 当作参照细节节点, 用公式 (3) 中的方法将输入点集和模板点集中的细节节点都转换成极坐标。

(3) 将极坐标中的模板细节节点和输入细节节点按极角递增方向排序, 并连接成串, 表示如下:

$$\begin{aligned} P_i^j &= \{(r_p^p, e_p^p, \theta_i^p)^T, (r_m^p, e_m^p, \theta_m^p)^T\} \\ Q_j^i &= \{(r_l^q, e_l^q, \theta_j^q)^T, (r_n^q, e_n^q, \theta_n^q)^T\} \end{aligned}$$

式中 r_p^p, e_p^p, θ_i^p 为模板细节节点 K 的极半径、极角和相对参照点的方向; r_l^q, e_l^q, θ_j^q 为输入细节节点 L 的极半径、极角和相对参照点的方向。

(4) 用以下的方法匹配串 P_i^j 和 Q_j^i , 找出匹配分数, 记录为 $score[i][j]$, 然后转回步骤 (1)。

匹配串 P_i^j 和 Q_j^i 用公式 (4) 计算每一个模板细节节点的限界盒的大小, 并置 $score[i][j] = 0$, 进行如下循环:

```
while 1 ≤ K ≤ M do
    while 1 ≤ L ≤ N do
```

```
    if template[K] and input[L] satisfy condition,
        then score[i][j] = score[i][j] + 1;
    endif;
    increase L;
end while;
increase K;
end while
```

上述过程中, $condition$ 定义为:

$$\begin{aligned} condition &= \begin{cases} \text{true} & \text{if } \begin{cases} \text{在限界盒内} \\ \Delta\theta < \varepsilon \\ rotate[K][L] < 400 \end{cases} \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \Delta e &= \begin{cases} a & \text{if } [a = (e_L^q - e_K^p + 360) \bmod 360] < 180 \\ a - 180 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \Delta\theta &= \begin{cases} a & \text{if } [a = (e_L^q - e_L^q + 360) \bmod 360] < 180 \\ a - 180 & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

$condition$ 是将 $template[K]$ (模板指纹的细节节点 K) 和 $input[L]$ (输入指纹的细节节点 L) 看做对应点对的条件。其含义是: $input[L]$ 应该在 $template[K]$ 的限界盒的内部; 这两个细节节点的方向差异应小于 ε (本文设 $\varepsilon = 50$); $rotate[i][j]$ 应小于 400。

(5) 找出 $score[i][j]$ 中的最大值, 把它当作输入细节节点集和模板细节节点集的最佳匹配积分。利用得到的最佳匹配积分, 根据本文 2.3 匹配判决条件公式 (5), 计算相对匹配点数。

2.3 匹配的判定条件

在最终判断两枚指纹是否匹配时, 如何定义一个好的衡量依据以及对应的识别门限也是匹配最终是否成功的关键。

目前, 法律上已经接受 12 个匹配点对便能唯一地确定个人身份。所以, 大量的算法中都以匹配对数作为判决依据, 匹配对数大于 12, 则认为两个指纹是匹配的。

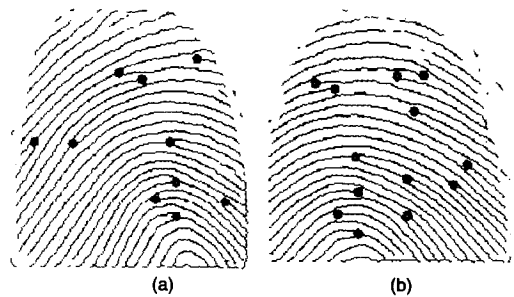


图2 特征点很少的指纹图像

但实际情况中, 很多指纹由于残缺等各种原因只含有很少的特征点 (10~20 个)。如图 2 所示, (a)、(b)

是来自同一枚手指的两次按捺,由于指纹自身原因,(a)中仅有10个特征点,(b)中有13个特征点,显然,两者的匹配不可能获得12个匹配点对。按照判决依据,认为两者不匹配。这种情况致使匹配算法出现较高的误识率。

为了使匹配算法对这些特殊指纹和残缺指纹都能有更好的鲁棒性,本文采用相对匹配点数(即匹配点对数与特征点总数的比值)的概念作为判决依据。相对匹配点数的计算方法如下式:

$$\text{相对匹配点数} = \frac{100 \times (\text{匹配的对数})^2}{M \times N} \quad (5)$$

其中,M、N分别为两幅图像的特征点数目。相对匹配点数反映了匹配成功的点占全体特征点数目的比例。以相对匹配点数为判决条件,可以有效地匹配图2中的两枚指纹。相比于基于匹配点对的数目的判决条件,基于相对匹配点数这样一个标准有较高的优越性。因此本文选择基于相对匹配点数的判决条件作为最后指纹匹配的标准。如果相对匹配点数大于预先设定的阈值,则认为两枚指纹匹配,否则,两枚指纹不匹配。

3 实验结果

本系统采用中天一维科技的鼠标型指纹采集仪EFP300作为采集前端。EFP300内部集成AuthenTec 2501A指纹传感器(采用电容传感器技术的滑过式指纹传感器),采集到的指纹图像是大小为256×384、灰度级为256、格式为bmp的灰度图像。使用visual c++开放工具编程实现了特征提取和匹配算法。实验结果比较理想,有较低的误识率,系统比较稳定。

在实验中,共采集了500幅指纹图像,建立了一个指纹库Zhiwenku。该系统严格控制输入指纹质量,将误识率(FAR)控制在2%以内。当模板指纹的细节节点数目很多,而待匹配的指纹细节节点相对较少时,系统的FAR也可能较高。

图3(a)给出了本文指纹二值原像,即指纹图像预处理后的结果;图3(b)为用本文算法得到指纹的细节节点和细节节点对应脊线的采样点;图3(c)为用蓝色标出了指纹细节节点的方向。

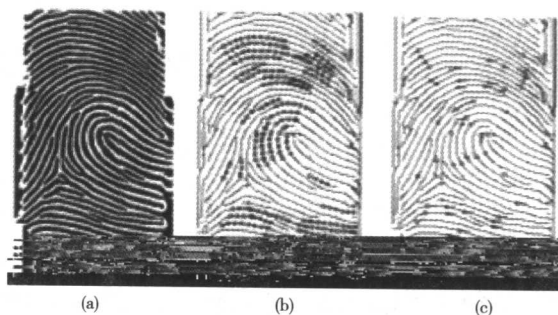


图3 模板指纹采集过程

4 结论

本文对指纹识别技术中的特征提取和匹配算法进行了研究^[3-4],给出了一套指纹特征提取与匹配的处理算法,并将相对匹配点数的匹配判决标准引入到了匹配算法中,取得了较好的匹配结果。在匹配的过程中引入了脊线信息并使用了一个大小可变的限界盒,从而能更鲁棒地处理指纹图像的非线性形变。实验结果表明该算法的精度和速度能够满足实际应用的需要。实验中也有少数质量差的指纹图像难以实现匹配,这也是本系统需要进一步完善的地方。

注 释

[1]罗希平,田捷.自动指纹识别中的图像增强和细节匹配算法.软件学报,2002,13(5):946-956

[2] Anil Jain, Lin Hong, Ruud Bolle. On-Line Fingerprint Verification. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(4): 302-313

[3] Yuliang e, Jie Tian, Liang Li, Hong Chen, Xin Yang. Fingerprint matching based on global comprehensive similarity, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, 2006, 28(6): 805-862

[4] Anil K. Jain, Lin Hong, Ruud Bolle, An identity-authentication system using fingerprints, Proceeding of the IEEE, 1997, 85(9): 1365-1387

基于 Matlab 的移动卫星信道模型研究

邢志强 王伟宾 张力科

摘要 本文对 3 种经典的卫星移动信道模型做出了具体的分析和比较,然后根据这 3 种模型,建立了一个简单便于应用的符合卫星移动通信客观实际的信道模型,并利用 Matlab 对配置不同参数值的信道模型进行了仿真,清晰地反映出低轨移动卫星信道特性对整个系统通信质量的影响。

关键词 移动卫星信道;模型;MATLAB

Abstract Three classical mobile satellite channel models are analyzed and compared in this paper. According to these models, a simple and feasible mobile satellite channel model is established, which is simulated by Matlab with different configured parameters. The effect of the mobile satellite channel characteristics on the total communication system is clearly shown from the simulation.

Key words mobile satellite channel; model; Matlab

相对于有线通信和地面无线通信,卫星移动通信的覆盖范围更广,甚至可以非常容易地做到全球覆盖,但同时也造成了整个卫星移动通信信道特性的复杂多变,这主要是由卫星信号所经历的复杂传播环境所决定的。另外由于用户在通信过程中不断移动,信号电波不可避免地会在某些时刻受到山川、植被、建筑物等的遮挡而产生反射、衍射和散射,从而发生多径衰落和阴影遮蔽衰落,使得卫星移动通信信道中所传播的信号随机变化,无法预先确定。但是经过多年的研究发现,依据信号传输的物理机制和经过简化的现实条件,可以用一定的概率分布函数进行组合来构造信道衰落模型。

1 典型卫星移动通信信道模型

根据移动终端所处的应用环境,对信号在信道中的传输过程进行简化假设,组合相应的概率分布函数,可以得出三种常用的描述卫星移动通信信道衰落特性的概率分布模型:C.Loo 模型、Corazza 模型和 Lutz 模型。

1.1 C. Loo 模型(部分阴影信道模型)

适用场合:乡村、旷野等较为开阔的区域,该区域的典型特征为信道环境中 LOS 分量占主要成分。

模型假设:C.Loo 模型信道假设接收到的信号是由受到阴影作用的直射信号分量和不受阴影作用的多径信号分量组成的,即接收信号的包络可表示为:

$$r(t) = z(t)s(t) + d(t) \quad (1.1)$$

其中: $r(t)$ 是接收到的信号; $z(t)$ 是直射波信号; $d(t)$ 是

未经阴影衰落的多径信号; $s(t)$ 表示阴影衰落。联合 Rayleigh 分布函数和 Lognormal 分布函数,可以得到接收信号包络 r 的概率密度函数:

$$f(r) = \frac{r}{b_0 \sqrt{2\pi d_0}} \int_0^{\infty} \frac{1}{z} \exp\left[-\frac{(\ln z - \mu)^2}{2d_0} - \frac{(r^2 + z^2)}{2b_0}\right] dz \quad (1.2)$$

其中: $r(t)$ 是接收到的信号; b_0 是平均散射多径功率, μ, d_0 分别为 $\ln z$ 的均值和方差; $z(t)$ 是直射波信号。

优缺点分析:该模型优点为实现简单。缺点为适用场合有限。

1.2 Corazza 模型

适用场合:所有的环境(乡村公路、郊区、城市)。

模型假设:Corazza 模型认为 LOS 分量和多径分量都会受到阴影遮蔽的影响。而且它们受影响程度由于传输路径不同而未必完全相同,因此必需分开考虑。

Corazza 模型信道假设接收信号中的直射信号分量和多径信号分量均受到阴影遮蔽的作用,则接收信号 $r(t)$ 可表示为:

$$r(t) = [z(t) + d(t)]s(t) = R(t)s(t) \quad (1.3)$$

接收信号包络的概率密度函数为:

$$f(r) = \frac{2(k+1)r}{h\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(-k) \times \int_0^{\infty} \frac{1}{S^3} \exp\left[-\frac{(k+1)r^2}{S^2} - \frac{(\ln - s\mu)^2}{2(h\sigma)^2}\right] I_0\left(\frac{2r\sqrt{k(k+1)}}{s}\right) ds \quad (1.4)$$

其中: $r(t)$ 是接收到的信号; $z(t)$ 是直射波分量; $d(t)$ 是纯多径分量; $s(t)$ 表示阴影衰落。

优缺点分析:

优点为适用范围较广, 为一通用模型; 缺点为模型复杂度较之 C.Loo 模型复杂度有较大提高。

1.3 Lutz 模型

适用场合: 所有地理环境 (乡村公路、郊区、城市) 类型。

模型假设: Lutz 模型将实际移动卫星信道分为好、坏两种状态, 而且两种状态可由实际卫星移动通信中阴影遮蔽所占通信时间的比例来加以调节, 因此在卫星和终端都在移动时可实时地反映和模拟两者之间的通信信道特性。另外, 该模型是建立在大量记录各地实际卫星测量的结果。Lutz 模型信道按接收信号状态的“好”“坏”, 其接收信号 $r(t)$ 可表示为:

“好状态”:

$$r(t) = z(t) + d(t) \quad (1.5)$$

接收信号的功率概率密度函数为:

$$f(s) = \frac{1}{2\sigma^2} \exp\left[-\frac{s+z^2}{2\sigma^2}\right] J_0\left(\frac{z\sqrt{s}}{\sigma}\right) \quad (1.6)$$

“坏状态”:

$$r(t) = d(t)s(t) \quad (1.7)$$

接收信号的功率概率密度函数为:

$$f(s) = \frac{10}{\sigma \ln 10 \sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \frac{1}{S_0} \exp\left[-\frac{(10 \ln s - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] ds_0 \quad (1.8)$$

其中: S_0 为短时平均接收功率; $r(t)$ 是接收到的信号; $z(t)$ 是直射波分量; $d(t)$ 是纯多径分量; $s(t)$ 表示阴影衰落。

优缺点: 该模型的优点为模型来源于实测数据, 拟和结果更接近于实际卫星信道, 而且该模型适用于各种地理环境; 缺点为该模型的数据主要是从欧洲各地对静止轨道的 MARECS 卫星测试得到的, 不具有通用性, 而且模型过于复杂。

因此, 总的来说, 从通用性来讲 C.Loo 模型信道要弱于 Corazza 模型和 Lutz 模型。而从模型分析及软硬件仿真实现的复杂度来讲, C.Loo 模型和 Corazza 模型要优于 Lutz 模型, 因此国内外学者在对卫星移动通信信道进行建模时通常都选用这两个模型。

2 简化的移动卫星信道模型的建立

2.1 模型建立

通过对上述卫星信道模型的分析比较发现, 上述模型都只对卫星信道阴影衰落以及多径影响进行了考虑, 而对卫星信道的大尺度衰落部分则未加以考虑。这样的模型可以非常方便地用于卫星信道分析, 如果要对真实的卫星信道进行模拟, 则需要加以改进, 将大

尺度衰落考虑进来。正是基于此考虑, 我们建立模型如图 2.1 所示。

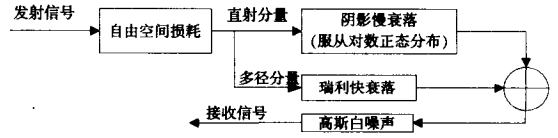


图 2.1 卫星移动通信模型

2.2 模型解析

2.2.1 自由空间损耗模块

移动卫星发送的信号到达地面终端必须经过一个路径空间损耗, 也叫自由空间损耗。与陆地移动通信不同的是, 移动卫星信道的空间损耗中不仅包含着电波能量随着传输距离的增加而扩散的成分, 而且包括电离层、大气层以及云层雨衰等多种因素的影响。由于卫星距离地面接收端很远, 所以路由空间损耗很大。设 d 为传播距离, L_p 径损耗值, 当 d 取 km 为单位、工作频率 f 用 GHz 作单位, 可得:

$$L_p = 92.45 + 20 \lg d + 20 \lg f + L \quad (2.1)$$

可以计算出确切的路径损耗值, 单位为分贝。L 为附加损耗, 包括大气吸收损耗、雨衰, 以及由于折射、散射与绕射, 电离层闪烁等引起的附加损耗。

2.2.2 直射分量衰落模块

信号在到达接收端之前, 由于地面或者地物的影响, 导致直射分量 (LOS) 受到了阴影衰落 (比如信号穿越树木会造成信号幅度一定程度的下降), 而且这种阴影衰落是不可确知的, 时变的。经大量数据统计, 直射分量 (LOS) 的幅度是服从一定参数的对数正态分布 (lognormal)。

$$P(S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}h\sigma S} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln S - \mu}{h\sigma}\right)^2\right] \quad (2.2)$$

其中, S 为直射分量的幅度; $\ln S$ 服从窄带正态分布, 均值为 μ ; 方差为 $(h\sigma)^2$, $h = (\ln 10)/20$ 为常数参量, 具体的统计参数值见表 1 和表 2。

表 1 拟和公式系数 (郊区树木阴影环境, α 大于 40 度)

b_0	μ	σ
$B_0 = 0.204926$	$\mu_0 = -0.96006$	$\sigma_0 = 4.1$
$B_1 = -3.9083 \times 10^{-3}$	$\mu^1 = 0.01833$	$\sigma_1 = -0.06875$
$B_2 = 2.3221 \times 10^{-5}$	$\mu_2 = -8.3125 \times 10^{-5}$	$\sigma_2 = -3.125 \times 10^{-4}$

统计参数计算公式:

$$\begin{aligned} b_0(a) &= B_0 + B_1 a + B_2 a^2 \\ \mu(a) &= \mu_0 + \mu_1 a + \mu_2 a^2 \end{aligned} \quad (2.3)$$