



南京航空航天大学
第四届研究生学术会议

论文集

下 册

主办
南京航空航天大学研究生院
南京航空航天大学校团委
南京航空航天大学研究生会

二〇〇二年十月·江苏南京

南京航空航天大学
第四届研究生学术会议

论文集

下 册

主办

南京航空航天大学研究生院
南京航空航天大学校团委
南京航空航天大学研究生会

二〇〇二年十月·江苏南京



30896874

南京航空航天大学第四届研究生学术会议论文集

目 录

寄生传输抗干扰研究	吴春燕 (1)
基于 FPGA 的高速硬件精插补器	罗睿梅 (4)
有限元逆算法及其再板金成形中的应用	扬晨 (7)
图象处理中经典边缘检测算法的性能分析	许鸿昊 (10)
高速切削技术	任开强 (14)
基于 VC 的 PLC 梯形图编程软件的开发	陈鲁华 (19)
6 自由度飞行模拟器的运动学模型及其分析	董彦 (23)
摄像机内外参数快速准确的标定	邵泽明 (27)
一种空间自由曲线的快速高精度插补算法	孟书云 (31)
串口通信在测控系统中的应用	邵官阁 (35)
EM78P458 单片记载电动自行车中的应用	周志峰 (39)
数控加工切削参数优化研究	袁溟 (43)
航空电缆故障自动检测集成系统	罗孝兵 (47)
一种基于颜色的图像检索方法及实现	卢敏 (50)
用 AutoCAD 2000 VBA 实现基于外部数据库的应用	陈晓兵 (53)
基于 C/S 结构的教材管理系统	刘明存 (56)
基于 UG 的便螺距螺旋面的研究与开发	王庆华 (59)
基于 COM 的开放式数控系统软件分析	姜鹏 (63)
基于 Windows 的车床数控系统及软件设计	谭昌柏 (67)
CRC 循环冗余校验在 USB 中的应用	李洪冬 (71)
Skin 技术在数控仿真系统软件开发中的实现	严小平 (74)
基于 STEP 的曲面数据交换	海文炯 (78)
最短路径算法在 B 样条区面重建中的应用	吴熹 (81)
基于特征点题取的三交网格生成算法研究	任朴林 (86)
用非线性有限元分析绕性叠片联轴器的强度	李广兆 (90)
基于 CORBA 和 XML 的项目管理系统	李伟林 (95)
基于 BP 神经网络的航空发动机失效模式和故障影响分析	李世林 (99)
终端区容量评估方法和实现	黄卫芳 (103)
多 Agent 技术在 MIS 应用中的优势探讨	王冠桢 (107)
基于 Web 的网络性能管理技术研究	钟涛 (111)
GIS 二次开发与组件技术	李阳 (115)
小型 HPR-1 固态航姿系统的研制	罗杰 (119)
航向振动纠偏发生控制器的设计与应用	孙同江 (123)
平行跑道独立进近的可靠性模型分析	彭瑛 (126)
加班飞行航班时刻制定方法的初步研究	董俊敏 (130)
Windows 下的几种串口通讯方法	李强 (134)
飞行进程单的自动生成系统研究	董襄宁 (138)
基于管理员工作负荷扇区划分的优化方法	张明 (142)
航空运输业实施差别定价策略浅析	刘凤 (146)

流量管理决策支持系统初探·····	张颖(150)
*用硬件方式实现 TMS320VC5410A DSP 与 PC 机的异步通信·····	桑海潮(154)
用 VC++6.0 实现 PC 机与 80C552 单片机的通信·····	梁永明(158)
MGLS12864 型 LCD 在 87C552 单片机系统中的应用·····	刘洪利(162)
通用串行总线 USB 接口设备开发技术及应用·····	陈叶明(166)
半主动控制技术在起落架缓冲系统中的应用·····	刘晖(170)
*基金使用方案的优化模型·····	徐宇(175)
改进遗传算法求解 TSP 问题·····	文杰(179)
带消费的投入产出模型·····	张玉涛(183)
高精度通量型 WENO 格式的构造及有效实现·····	张学莹(186)
一类动态随机投入产出模型·····	孙利荣(190)
非结构网格生成技术研究·····	王学德(194)
对无约束问题的模式搜索算法的一种改进·····	杨春(198)
粗糙集理论及应用发展·····	刘成钢(202)
变动市场环境下的马儿可夫决策·····	刘成钢(206)
基于 Internet/Intranet 的航空武器产品开发制造·····	齐祥阳(210)
决策支持系统的研究现状及发展趋势·····	宛天巍(214)
关于国有股减持的探讨·····	曾海颖(218)
管理信息系统中的数据存取技术的选择·····	严俊(222)
Delphi 中实现多线程. 的数据存储与查询·····	李建宏(226)
供应链结构对供应链可靠性的影响研究·····	方敏(230)
现代物流在电子商务下的发展·····	刘莉莉(234)
科技股份有限公司股票期权设计·····	刘敏(238)
极端编程新技术的研究与探讨·····	欧阳昆祺(241)
国有银行不良资产的成因与对策·····	王晓(246)
试论我国连锁超市商业生态系统的建立·····	黄昕(249)
规模经济探析·····	许建伟(253)
马来西亚中小企业融资体系统评析·····	李长志(256)
国防科研的经济效应与经济开发·····	郁阳刚(260)
投资项目评价的盈亏平衡法建模·····	田颖杰(264)
采购管理的用例分析·····	戴芸(267)
EDI 及其在现代物流中的应用·····	王桂花(271)
金融电子化存在的问题及对策·····	李琳(275)
*略论“一国两制”下的台湾大陆政策·····	王学红(279)
网上证券交易的运作模式及市场定位分析·····	张昆(282)
入世对中国证券业的影响及对策·····	殷慧菁(287)
论马克思劳动价值论的现实适用性·····	徐健荣(291)
浅谈江泽民科技思想的主要内容·····	许广玉(294)

注：标有“*”的是优秀论文。

寄生传输抗干扰研究

吴春燕 刘少学

(南京航空航天大学机电学院, 江苏 南京 210016)

摘要: 影响寄生信号远距离传输的主要因素是各种干扰和衰减, 本文在对干扰情况分析的基础上, 提出了采用硬件抗干扰和多同步码、比较取舍等软件抗干扰的具体措施, 提高寄生传输距离和准确性。

关键词: 寄生传输; 抗干扰; 衰减分析

中图分类号: TN97

引言

寄生传输是指将信号借助他人的线路进行有效传输的通讯方式。寄生传输的宿主线路有电力线、电话线、闭路电视线等。因为是借助宿主线路, 这就需把信号调制成适合于宿主线路传输的形式, 再采用时分复用或频分复用的方法避免影响宿主线路原有信号。

利用低压电网(220V/380V)进行载波传输是近年来国内外刚刚兴起的新领域。因为低压电网已经是现成的, 而且连接到每家每户, 能够迅速而便捷地将电力部门与居民点和商业用电联系起来, 加快了信息沟通, 但低压电网复杂而无规则, 干扰源众多, 信号衰减大, 造成通讯效果差。它与居民和商业用电直接相连, 带有大量的用电设备, 当电器设备启动或关机时, 会对配电线上的信号产生干扰; 另外, 配电网络的负载发生变化, 也会导致网络的传输和衰减特性发生显著的波动, 信号衰减可高达 120dB。目前, 国内对远距离寄生传输尚无重大突破, 一般实现了居民区 1-2 栋楼之间的短距离传输。电力载波很重要的一个问题是各种干扰, 电网的各种干扰信号严重影响了电力载波的传输距离。近年来, 为了解决抗干扰问题出现了许多新技术, 如扩频技术、数字载波机技术等。但低压电网实在是太复杂, 各个电网具体情况各不相同, 它的衰减特性很难建立精确的数学模型, 更适合用统计的方法来分析, 分析所用线路的具体情况, 然后根据具体情况找出抗干扰措施, 以增加传输距离。电话线上的载波主要是应用于电话局之间的主干线上, 而利用家用电话线进行寄生传输还不多见。家

用电话线通频带远小于电力线, 它适合于传输音频信号, 当寄生信号调制成与音频信号相近的频率时, 最大的问题就是如何防止寄生信号与电话线上的话音相互干扰。

1 干扰情况分析

在数据传输过程中, 接收到的信号往往不可能和发送的信号一模一样, 这是因为除了在传输过程中所产生的各种畸变外, 还额外混进一些有害信号, 我们把这些额外混进的非期望信号称为干扰或噪声。所以我们要进行抗干扰研究以保证系统数据准确、可靠的传输。噪声可分为四类: 热噪声、交调噪声、串音和脉冲噪声。

对寄生传输系统来说, 交调噪声和串音影响很小, 可忽略不计。对系统影响较大的是热噪声和脉冲噪声, 而其中又以脉冲噪声影响最大。为了更好的分析系统干扰情况, 我们把干扰按来源不同分类, 分别进行分析。干扰或噪声既可能来自系统外部, 也可能来自系统内部。在系统内部, 干扰源主要有四个: 电源噪声, 由于印刷电路板布线或元件布局不合理引起的高频振荡, 系统元件所固有的热噪声, 线路中元件自激引起的振荡。系统外部的噪声主要是无线电波, 工业交通的火花, 雷电火花等噪声造成的脉冲噪声。这些噪声主要作用于传输线路上, 我们使用的传输线是低压电力线和电话线。电力公司和电话公司在铺设线路时已经采取了相应的抗干扰措施。所以对本系统来说, 最大的干扰来自于低压电力线和电话线所特有的干扰。

2 电力线寄生传输性分析衰减特

电信号沿电力线传输时, 其幅度按 e 指数函数规律下降。即信号沿线传输时, 信号电平不断被衰

收稿日期: 2002-4-22

作者简介: 吴春燕(1970年生), 女(汉), 湖北

刘少学(1970年生), 男(汉), 陕西

减, 相位不断被滞后。信号衰减的大小由传输衰减
值所决定的。在线路阻抗匹配时, 传输衰减等于
线路的固有衰减值 αl (l 为通信距离)。如果线路
阻抗不匹配, 在线路终端将引起电磁波反射, 反射
波到达始端后, 就会发生第二次反射。这样多次的
反复, 电磁波在电力线上发生多次反射, 表现为信
号不稳定, 衰减增加, 传输衰减值为工作衰减。影
响信号衰减大小的因素有电力线的电气特性、信号
频率和阻抗是否匹配。

3 抗干扰研究

3.1 硬件抗干扰

模拟线路的抗干扰: 主要是信号的放大和耦
合。数字电路的抗干扰: 在寄生传输系统中, 在控
制中心和用户点都要采用单片机来进行控制管理。

3.2 软件抗干扰研究

某些干扰, 如线路上的外来脉冲干扰, 是硬件
无法消除的。有些干扰硬件虽然能够消除但所需成
本太高, 这时软件抗干扰是最理想的办法。软件抗
干扰就是利用编制的抗干扰程序来消除干扰的影
响得到正确的数据, 这种方法无需增加新硬件, 成
本低, 灵活性好。因为计算机只能处理数字信号,
所以它特别适用于数字通信系统。

3.2.1 采集误差的软件对策

数据采集误差可分为系统误差和随机误差两
类。系统误差主要是由于传感器的某些参数或设置
因干扰或其他原因发生变化造成的, 这时可对传感
器进行重新标定。随机误差主要是由于随机的干扰
脉冲造成的。通讯电缆是专用电缆, 随机脉冲对传
输电缆的干扰很小。这种随机误差表现为: 大部分
数据是对的, 只有个别数据是错的。为此我们采用
算术平均值法来提高数据的准确性。每次数据采集
五次, 去掉一个最高值, 去掉一个最低值, 然后中
间三个数据取平均值。

3.2.2 数据传输干扰的软件对策

数据传输时的传输线暴露在室外, 容易受到外
来脉冲噪声的影响。脉冲干扰的特点是: 每次脉冲
持续时间短, 但发生频繁。这时, 脉冲噪声所干扰
的数据与通讯速率有直接的关系。

在干扰脉冲持续时间一定的情况下, 通讯速率
越高, 数据中受干扰的位数越多, 受干扰越严重。

实验表明, 电力线上波特率超过 600bps, 电话线上
波特率超过 100bps 时, 数据传输的误码率很高,
导致通讯不能正常进行。波特率可以通过软件设
定, 适当调节波特率可以使数据传输时一个字节数
据 (8 位) 最多只影响其中的一位。当然脉冲噪声
持续时间不可能是固定的, 有时会很严重, 造成多
位受到干扰。但只要波特率适当, 一个字节数据的
传输中干扰两位或两位以上的概率是相当低的。我
们可以根据干扰的严重情况来调节波特率, 使通讯
效率达到最高。

在干扰严重的地方, 有时系统会把干扰当作数
据来接收。为此通讯时要有同步码, 数据跟在同步
码后面。接收者只有收到同步码后, 才接收后面的
数据, 否则不接收任何数据。这样, 就能避免接收
不该接收的乱码。但是同样由于干扰的存在, 也可
能把同步码干扰成别的码, 从而使接收方不接收正
常传输的数据。为解决这个问题, 我们采用了两个
同步码, 接收方只要收到其中任何一个, 就认为数
据要来了。当然这会增加错收乱码的概率, 但可大
大降低丢失数据的概率。当再用检验后面数据的方
法来防止错收乱码时, 两个同步码的方法可取的满
意的效果。

数字通讯的优点之一就是它的中继再生性。再
生就是在数据传输发生错误时, 可利用校验、纠错
手段予以排除, 得到原来正确的数据。校验、纠错
的种类有很多种, 根据本系统干扰情况的特点, 我
们采用比较取舍法来纠错。比较取舍法即对同一数
据连续接收三次, 取其中两个相同的作为正确数
据。例如接收端收到三个数 4、4 5、我们就认为
是 4。前面我们讲过, 只要适当调节波特率就能使
得一个字节的传输中最多影响其中的一位。但
在干扰严重的情况下, 有可能接收到的三个数据
全部被干扰了 1 位。如发送的是 7 (00000111),
接收端由于干扰可能收到 6 (00000110, 被干扰了第
8 位)、23 (00010111, 被干扰了第 4 位) 和 15
(00001111, 被干扰了第 5 位) 三个数据。由于三
个数各不相同, 所以无法取舍, 导致此次传输失败。
为此我们采用按位比较取舍的办法, 即三个数据中
的同一位 (如第 1 位) 取两个相同的。由于数据中
的每一位都只有“0”和“1”两种状态, 所以必然
有两个数据的该位是一样的, 这样程序每次都能顺
利作出取舍。还以上例为例我们收到三个数 6、23、
15。取舍过程如图所示。由此例可知, 虽然接收的
三个数据都错了, 但我们仍得到了正确的数据。

	6	23	15		7
第1位	0	0	0	3个0取0	0
第2位	0	0	0	3个0取0	0
第3位	0	0	0	3个0取0	0
第4位	0	1	0	2个0取0	0
第5位	0	0	1	2个0取0	0
第6位	1	1	1	3个1取1	1
第7位	1	1	1	3个1取1	1
第8位	0	1	1	2个1取1	1

图 比较取舍法的取舍过程

为了进一步降低误码率,我们纠错之后还要校验。根据校验原理我们知道,传输的数据若要有纠错能力,必须使传输字的各位(BIT)具有某种规律性,即所传各位不能在“0”和“1”间任意取值。本系统传感器传回的数据为二进制数据,这种数据我们无法校验,因为数据各位可以在“0”和“1”间任意取值。为此我们要把传输数据作了数据转换。把二进制变为十进制,每个字节表示十进制数中的一位,如FFH变为三个字节02H、05H、05H。因为十进制数据每位不可能大于9(数据各位不能任意取值,前4位必须为“0”),所以我们可以接收端纠错后再进一步校验数据是否大于9,若大于9则舍弃。

4 结论

抗干扰是解决寄生传输距离远,信号准确的关键问题,本文提出了硬件抗干扰和软件抗干扰的具体方法,硬件措施是整个抗干扰的基础,但软件抗干扰措施更灵活,更丰富,功能更强。在采取了以

上措施后,特别是采用了软件抗干扰措施,如多步同码,比较取舍及判断数据的合理性等措施以后,干扰对系统的影响明显减少,可控制在我们所要求的范围之内。

参考文献:

- 1 李林. 电力线载波通信的现状、特点和发展. 电力系统通信. 1998, (2)
- 2 周文俊. 中低压电力线路载波的技术研究. 电网技术. 1998, (4)
- 3 谢飞等. 低压电力网载波通讯信号衰减特性的研究. 电子技术应用. 1998, (1)
- 4 周庆民. 电力载波通信集成电路 LM1893. 电子技术. 1996, (8)
- 5 380V 电力线载波自动抄表系统. 华东电力. 1999, (6)
- 6 电力线载波通信研究. 武汉水利水电大学. 1999, (6)
- 7 低压电力线载波信道特性分析. 电力系统通信. 2000, (1)
- 8 原野. 赵宇. 低压电力线载波自动集中抄表系统. 四川电力技术. 1999, (8)
- 9 Hui Lui, Member, IEEE, and Ufuk Tureli A Hight-Efficiency Carrier Estimator for OFDM Communication. IEEE COMMUNICATION LETTER APRIL . 1998
- 10 Sioe Tho Mak, Senior Member, IEEE. Thomas G. Moore, Jr., G. Moore, Jr., Member, IEEE. TWACS*, A NEW VIABLE TWO-WAY AUTOMATIC COMMUNICATION SYSTEM FOR DISTRIBUTION NETWORKS. PART II: INBOUND COMMUNICATION. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, NO. 8 August 1984

THE STUDY OF RESISTING JAM FOR AUTOECIOUS SENDING

Wu Chunyan Liu Shaoxue

(College of Mechanical and Electrical Engineering

Nanjing University of Aeronautics & Astronautics Nanjing 210016, China)

Abstract: The factors, which affect far distance sending autoecious signal, are all sorts of jamming and decreasing. In this passage I put forward the utensil measure such as hardware resist jamming and software resist jamming for example excessive same step yard and adopt or give up by contracting, all the measure are brought forward by the analyzing the state of jamming and they improve the distance and nicety character of audacious sending.

Key Words: audacious sending; resisting jam; decreasing analysis

基于 FPGA 的高速硬件精插补器

罗睿梅 游有鹏

(南京航空航天大学 机电学院机械电子工程系 南京 210016)

摘要 本文针对高速加工对数控插补的特殊要求,系统分析了高速数控加工的插补策略,指出了采用硬件实现高速精插补器的必要性。提出了采用 DDA 实现脉冲转换以及基于 FPGA 实现高速硬件精插补器的原理与方法。此设计很好地满足高速加工对进给脉冲频率及其稳定性的要求。

关键词: FPGA 高速硬件精插补器 脉冲转换 DDA

中图分类号: TG659

引言

插补是计算机数控系统中的一个重要功能模块,插补功能的多少和质量的优劣直接影响着数控机床的加工精度和加工速度。现代数控系统正朝着高速度、高精度、高效等方向发展,因此对插补模块的功能要求也更高。通常数控插补大多采用软件方法实现,它具有易于移植性、灵活性强等优点,但速度较慢,难以满足现代数控设备的高速、高精度要求。若采用硬件实现插补,可大大提高插补速度,但成本高、灵活性差,调试工作也较为繁琐。随着集成度高、速度快的可编程门阵列 FPGA(FIELD PROGRAMABLE GATE ARRAY)的出现和 EDA 工具的完善,使得硬件电路的设计过程大大简化,并可通过波形仿真工具验证电路的功能正确性,有效地缩短了电路的开发周期,提高了设计的灵活性,可弥补用硬件实现高速插补器的缺点。本文对基于 FPGA 实现高速硬件插补器的方法与技术进行了研究。

1 高速数控系统的插补策略

插补是数控系统中实现运动控制的核心模块,插补计算的快慢直接影响着数控加工的速度。高速加工由于进给速度很快,数控系统的插补周期极短($T < 2\text{ms}$),从而要求插补模块在很短的时间内对各轴位置进给控制作出迅速处理。

高速加工的伺服驱动通常采用全数字交流伺服,其输入信号为数字式脉冲序列,由脉冲频率决定驱动速度,脉冲数量决定位移大小,外加一个方向信号控制进给方向。为此要求插补模块应提供相应的脉冲序列控制信号,并且具有较高的频率及其稳定性,以满足高速加工的伺服控制需求。

传统的脉冲增量式插补算法,如逐点比较法、

数字积分法等,可以经过一次插补直接输出进给脉冲,但每次插补只能输出单个脉冲,进给速度难以提高。因此现代数控大多采用二次插补的策略,先采用粗插补计算出一个插补周期内各轴的进给量,再由精插补将各轴应移动的进给量转化成伺服进给所需的平稳脉冲序列。这种二次插补方法可以较好地满足高速加工对插补速度的控制要求。

随着 CPU 速度的不断提高,高速加工的粗插补已不成问题,而高速精插补的实现成为问题的关键。采用以微处理器为核心的软件脉冲分配,由于受 CPU 执行速度的制约,插补的最高频率受到限制(如在 12MHz 的晶振的 8031CPU,若仅使用 40 条插补指令,则其最高频率不超过 25KHz),难以满足高速加工的进给伺服需求。为此,本文提出采用 FPGA 通过硬件实现高速精插补器的方法。

2 FPGA 的基本结构及其特点

2.1 FPGA 的基本结构

FPGA(现场可编程门阵列)由美国 XILINX 公司于 80 年代中期提出,与传统的 PAL、GAL 相比,它可通过对外加的或内置的 RAM 或 EPROM 编程,实时改变器件功能,实现现场可编程或在线重配置。FPGA 器件在结构上分为三部分^[1]:

- 可编程逻辑块 CLB 它是 FPGA 器件的逻辑组成核心;
- 输入/输出块 它是连接逻辑块的互连资源;
- 连线资源 用于逻辑块之间、逻辑块与输入/输出块之间的连接。

图 1 是 FPGA 的基本结构图^[2]

2.2 FPGA 的特点

选择 FPGA 芯片开发高速精硬件插补器,主要

收稿日期: 2002-4-24

作者简介: 罗睿梅 (1976-) 女 (汉) 四川内江
游有鹏 (1960-) 男 (汉) 江苏姜堰 教授

考虑到 FPGA 具有以下几个特点:

- 速度快, 灵活性强, 集成度高。如 XILINX 公司生产的 VERTEX 系列 FPGA, 其时钟频率可达 100MHz 以上;
- 可重复编程、擦除、使用。在外围电路不变的情况下, 可通过在线编程实现不同的功能, 节约开发成本;
- 设计快速。用户可方便地通过相应的软硬件集成环境来完成芯片的最终功能设计。

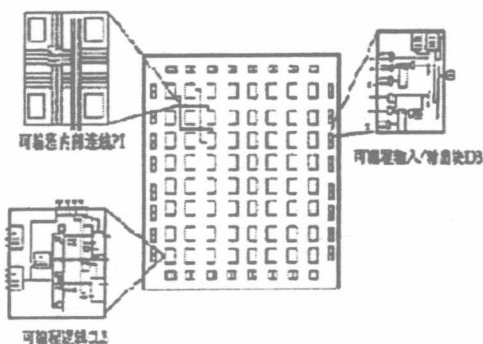


图 1 FPGA 的基本结构

3 高速硬件精插补器在 FPGA 的实现

在二次插补策略中, 精插补的功能是接收通过粗插补计算得到的一个插补周期内各轴的进给量(微段直线), 并将其转化成频率均匀的进给脉冲, 输出给各轴的位置伺服控制器。因此, 精插补器在结构上应包括三个部分: 输入接口、脉冲转换、输出接口, 各部分均由 FPGA 实现, 其中输入、输出接口的实现方法相对简单, 核心问题是脉冲转换的实现方法。

脉冲转换常用的方法是采用计数器和分频器, 其主要优点是频率均匀, 但存在脉冲截断误差^[3]。为此本文采用了基于 DDA(数字微分分析器)插补原理的脉冲转换算法, 它不仅实现简单, 消除了脉冲截断误差, 而且易于实现多坐标进给的同步。

DDA 插补的原理是^[4]通过对进给量 X 的不断累加、溢出, 产生相应的进给脉冲。具体的说, 在累加脉冲 ΔT 控制下, 存储在 N 位寄存器中的进给量 X 不断累加, 累加的溢出脉冲即为驱动坐标轴的进给脉冲。当累加次数达到 2^N 时, 溢出脉冲的数量恰好等于进给量 X , 一次脉冲转换完成。此时, 完成一次脉冲转换的周期是 $T=2^N/f_{in}$, 产生的溢出脉冲频率为 $f_{out}=f_{in}*X/2^N$, 其中 f_{in} 为累加控制脉冲频率。

具体实现中, 存储各轴进给量的寄存器和累加

器是关键部件。为了实现不同方向多段微小线段的连续脉冲转换, 本文采用栈结构形式作为进给量寄存器。并设计了 2^N 计数器控制每次脉冲转化的累加次数, 并对累加器清零, 以免给下一次插补带来偏差。为了提高溢出脉冲均匀性, 减少溢出脉冲的频率误差, 本文使累加次数增加 Q 倍, 再对溢出脉冲进行 Q 倍分频。

一个三轴的高速精插补器脉冲转换硬件电路原理如图 2 所示。

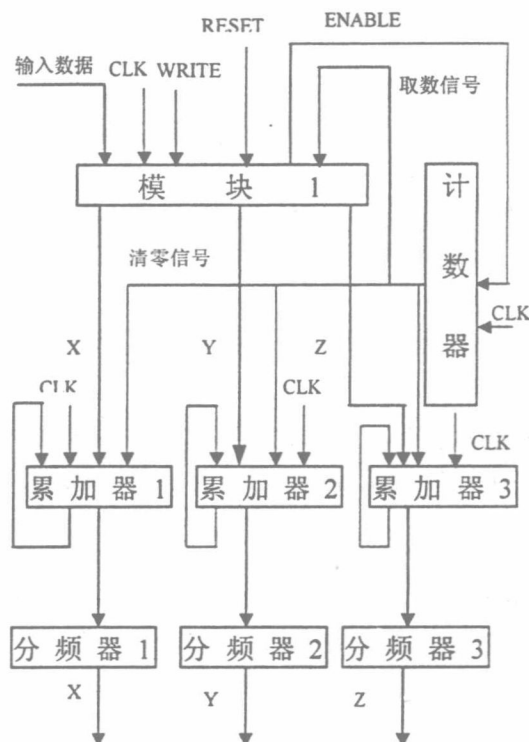


图 2 脉冲转换结构图

3 各模块功能分析

模块 1 其主要功能是接收并存储通过粗插补计算得到的各轴进给量, 在取数信号到来后将它们输入到累加器中。它的具体作用是:

- 当写数据信号 WRITE 到来后, 接收各轴进给量, 并以栈的结构形式保存。
- 为了识别不同坐标轴的进给量, 在进给量数据前增加两位, 通过编码表示不同轴, 由模块 1 进行判断, 并输入各自的累加器中。

所以, 模块 1 的具体电路由栈寄存器和一个判断电路组成。

计数器 控制累加脉冲次数, 当累加次数达到 2^N 次时, 完成下列工作:

- 关闭累加时钟, 同时对各累加器清零;

有限元逆算法及其在板金成形中的应用

杨晨 谢兰生 董国权

南京航空航天大学 机电学院 南京 (210016)

摘要: 本文主要介绍了有限元逆算法的基本理论及其在板金件设计和成形模拟应用中的最新进展。与增量有限元方法相比, 尽管逆算法损失了一些精度, 但是其计算速度快、效率高, 能更加有效地应用于板金件的早期设计和工艺参数的优化。

文末还讨论了逆算法在成形模拟有待进一步改善的方面。

关键词: 有限元逆算法; 板金设计; 毛料展开; 成形模拟

中图分类号: TG386.4

引言

板料成形是一种生产效率高、成形质量好的金属加工方法, 因而在航空航天、汽车、轻工业等领域得到了广泛的应用。过去, 板金设计和模具设计主要依靠设计人员的经验和直觉。数值模拟技术的迅速发展, 使得板金成形过程的数值模拟成为可能。设计人员可以具体地分析各种工艺参数对板金成形过程的影响, 并以分析结果作为指导, 设计出合理的板金件和工艺方案。近年来, 数值模拟领域出现了一种新的研究方向, 即逆向模拟研究。传统正向模拟技术主要模拟物体在给定力学条件下的变形过程及变形结果, 而逆向模拟主要研究物体在什么样的力学条件下才能得到给定的变形结果。

1. 板金成形中有限元逆算法的基本理论

上世纪 80 年代初期, 欧洲和美国有部分学者开始进行有限元逆算法的基础研究。但是, 直到最近几年, 才出现了工业实用的逆算法软件。最初, 逆算法主要用于板金件毛料展开问题的研究。在毛料展开问题中, 已知的是板料的最终构形和毛料的初始平面、初始厚度; 而板料最终构形上厚度分布和毛料初始轮廓是未知的。毛料展开问题的实质是, 求出板料最终构形上每个节点在毛料平面上的相应位置, 并使节点位移场能保证板料最终构形体的平衡。现在, 逆算法已逐步应用于板金件设计和成型工艺优化设计等方面。

1.1 应变几何方程

在板料成形加工中, 板料要经历较大的弹塑性变形, 因此用左 Cauchy-Green 应变张量的逆来描

述应变几何方程。

$$B^{-1} = F^{-T} F^{-1} \quad (1)$$

$$F = \partial X^0 / \partial X \quad (2)$$

式中 B 为左 Cauchy-Green 应变张量, F 是变形梯度张量。板料上各点的面内主伸长 λ_1 、 λ_2 可由该点的 B^{-1} 的特征值给出。

$$\begin{cases} \lambda_1 = ((B_{11} + B_{22})/2 + ((B_{11} - B_{22})^2 + 4B_{12}^2)^{1/2}/2)^{-1/2} \\ \lambda_2 = ((B_{11} + B_{22})/2 - ((B_{11} - B_{22})^2 + 4B_{12}^2)^{1/2}/2)^{-1/2} \\ \theta = \tan^{-1}[(\lambda_1^{-2} - B_{11})/B_{12}] \end{cases} \quad (3)$$

式中 θ 是面内主伸长 λ 与最终构形的局部坐标系 x 轴之间的夹角, B_{11} 、 B_{22} 、 B_{12} 是 B^{-1} 的分量。根据体积不变定律, 板料上各点的厚向主伸长 λ_3 为

$$\lambda_3 = (\lambda_1 \cdot \lambda_2)^{-1} \quad (4)$$

由此, 可得到板料上各点的对数应变 ε_x 、 ε_y 、 ε_{xy}

$$\begin{cases} \varepsilon_x = \ln \lambda_1 \cos^2 \theta + \ln \lambda_2 \sin^2 \theta \\ \varepsilon_y = \ln \lambda_1 \sin^2 \theta + \ln \lambda_2 \cos^2 \theta \\ \varepsilon_{xy} = (\ln \lambda_1 - \ln \lambda_2) \sin \theta \cos \theta \end{cases} \quad (5)$$

1.2 应力应变本构方程

有限元逆算法中, 假设材料的每个物质元都是按简单加载路径变形的^[1-3], 因而其本构方程可以用全量理论来描述, 它忽略了中间构形的影响。如果考虑板料的面内各向异性, 其应力应变本构方程可表示为:

$$\{\sigma\} = E_s [P]^{-1} \{\varepsilon\} \quad (6)$$

式中 $\{\sigma\}$ 为应力矩阵, $\{\varepsilon\}$ 为应变矩阵, E_s 为等效应力等效应变的割线模量, 即 $\bar{\sigma}/\bar{\varepsilon}$, 矩阵 $[P]$ 则

包含了板料的各向异性参数。

$$\{\sigma\} = \{\sigma_x \quad \sigma_y \quad \sigma_{xy}\}^T$$

$$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x \quad \varepsilon_y \quad \varepsilon_{xy}\}^T$$

$$[P] = \begin{bmatrix} 1 & \frac{R_0}{(1+R_0)} & 0 \\ \frac{R_0}{(1+R_0)} & \frac{R_0(1+R_{90})}{R_{90}(1+R_0)} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{(1+2R_{45})(R_0+R_{90})}{R_{90}(1+R_0)} \end{bmatrix}$$

1.3 有限元控制方程及其求解

逆算法中, 模具与毛料的接触作用被简化为凸模和凹模以及压边圈对毛料的法向力和切向摩擦力^[4-6]。在凸模作用处, 板料处于法向力和切向摩擦力的作用下; 在压边圈处, 上下表面的法向作用力相互平衡, 所以只须考虑其切向摩擦力的作用。在工件的最终构形上, 建立如下虚功方程

$$W = \sum_e \left(\int_v \langle \varepsilon^* \rangle \{\sigma\} dv - \int_s \langle u^* \rangle \{f\} ds \right) = 0, \quad \forall \langle u^* \rangle \quad (7)$$

式中 $\langle u^* \rangle$ 和 $\langle \varepsilon^* \rangle$ 分别为单元内任意一点的虚位移和虚应变, $\{\sigma\}$ 和 $\{f\}$ 分别为柯西应力和外力。

采用三角膜单元对最终构形进行离散, 可得到如下单元虚功方程

$$W^e = \langle u_n^* \rangle (\{F_{int}^e(u)\} - \{F_{ext}^e(u)\}) = 0 \quad (8)$$

式中 $\langle u_n^* \rangle$ 、 $\{F_{int}^e(u)\}$ 、 $\{F_{ext}^e(u)\}$ 分别为节点虚位移、节点内力矢量和节点外力矢量。要使式(8)对任意虚位移都能成立, 必有

$$\{R^e(u)\} = \{F_{int}^e(u)\} - \{F_{ext}^e(u)\} = 0 \quad (9)$$

对所有的单元应用(9)式, 并把它们组装成整体平衡方程

$$\{R(u)\} = \{F_{int}(u)\} - \{F_{ext}(u)\} = 0 \quad (10)$$

方程(10)可用 Newton-Raphson 迭代法求解, 从而获得节点位移 u 。

2. 逆算法在板金成形中的应用

从逆算法的基本理论可以知道, 逆算法以形变理论描述本构方程, 忽略了中间变形过程, 并且把

整个模具与板料的接触作用简化为法向作用力和切向摩擦力。这两种简化使逆算法的计算精度相对有限元增量法较低, 但是它们使逆算法的计算时间大幅度减少, 计算效率得以大幅提高。因此, 在板金零件的早期设计阶段, 逆算法可以和 CAD 软件相结合, 用来估算设计件的应力应变分布以及厚度分布, 进而评估设计件的力学性能和工艺性能。通过上述评估, 设计人员能够提前发现设计中存在的问题和错误, 进而改进设计, 保证了设计的可靠性, 并减少了潜在的错误。

IVECO 的设计人员曾将逆算法应用于 IVECO 汽车车尾后墙板的设计。后墙板的几何形状设计完成后, 设计人员应用逆算法快速地进行成形模拟, 结果发现设计件的边缘部位出现了材料重叠现象。他们改进了后墙板的几何形状, 避免了上述成形缺陷。

在工艺设计阶段, 逆算法可以进行工艺方案选择、工艺方案优化以及工艺参数优化。特别是工艺参数优化, 如果用增量法, 将耗费大量的计算时间, 提高设计成本; 而用逆算法来计算一个包含上千个元素有限元模型则只需几十秒种。如果采用考虑弯曲效应三角形单元, 逆算法的计算精度可得到进一步的提高。

李顺平等曾用逆算法优化轴对称拉深件的工艺方案和工艺参数, 使得如图 1 所示拉深件的工步从原先的十步减为六步。采用新的工艺方案后, 拉深件破裂危险区的安全裕度比旧方案提高了 5% 左右, 工件的工艺性能得到了较大的改善。

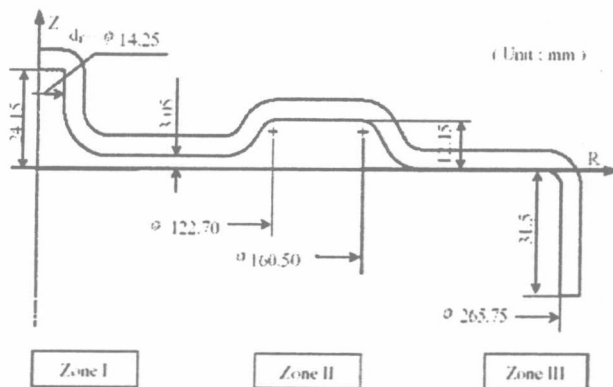
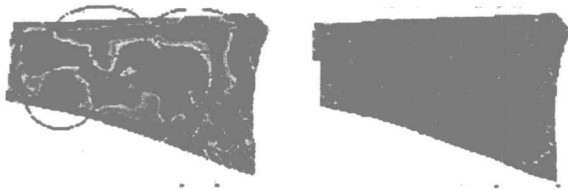


图 1

在工艺设计阶段, 逆算法也常被应用于拉延筋和压料面的设计。在汽车挡板的工艺设计中, 雷诺汽车公司的设计人员用逆算法成功地设计出了挡板冲压件的拉延筋。由于挡板类零件深度较浅, 冲

压成形中,变形量较小,成形后将产生较大的回弹。它是该类零件主要的成形难点,其有效解决手段是设置拉延筋,使材料产生较大的塑性变形。图 2(a)是未设置拉延筋挡板的应变分布图,从中可以看出蓝色区的材料未经过充分变形,其回弹将较大。采用逆算法,设计人员快速地分析和比较了几种



(a) 无拉延筋

(b) 设置了拉延筋

图 2

拉延筋设置的工艺方案,并选用其中最优的设置方案。图 2(b)为该方案的应变分布图,可见其塑性应变较大且分布较为均匀,所以将产生回弹量较小。

3. 板金成形中逆算法应用的发展方向

在逆算法中,对冲压成形过程作了许多简化。如在模拟冲压成形中,考虑到在夹紧过程中板料的变形相对于整个成形过程较小,因此忽略了压边圈夹紧毛料的变形过程。但是当压边面的几何曲率较大,如果忽略这种变形将导致较大的模拟误差;所以在以后的逆算法中可以考虑夹紧变形,进一步提高模拟精度。

在板金件的多工步工艺设计中,常用逆算法用来优化工艺参数;以后,可考虑用逆算法来优化中间模具几何形状设计。

4. 结论

有限元逆算法是一种高效的数值模拟工具,与增量有限元模拟方法相比,能更有效地应用于板金件产品的早期设计以及工艺参数的优化设计。虽然其模拟精度相对于增量法低了一些,但其模拟结果在工程分析中是可以接受的,而且随着算法的不断完善,其模拟精度还可以得到进一步的提高。

参考文献

- [1] Guo YQ, Batoz JL, Detraux JM et al. Finite element procedures for strain estimation of sheet metal forming parts. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 1990, 39: 1385-1401.
- [2] Park SH, Yoon JW, Yang DY et al. Optimum blank design in sheet metal forming by the deformation path iteration method. *International Journal of Mechanical Science*, 1999, 41: 1217-1232.
- [3] Naceur H, Guo YQ, Batoz JZ et al. Optimization of drawbead restraining forces and drawbead design in sheet metal forming process. *International Journal of Mechanical Science*, 2001, 43: 2407-2434.
- [4] 兰箭,董湘怀,陈志明等. 板料成形毛料展开方法研究. *锻压技术*, 2000 (4): 21-25.
- [5] 兰箭. 理想变形与板料成形设计. *华中科技大学学报*. 2001, 29(4): 72-74.
- [6] 刘来英,马泽恩,孔永明. 弹塑性体的理想变形. *西北工业大学学报*. 1999, 17(2): 206-209.

Inverse approach and its application in sheet metal parts design and forming simulation

YangChen XieLanshen TongGuoQuan

(College of Mechanical and electrical Engineering,

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The theories of inverse approach in sheet metal forming simulation were introduced. Some industrial application cases of inverse approach in sheet metal parts design and forming simulation were presented. When compared with incremental finite element method, it was considered that inverse approach could be more efficiently used in early stage of sheet metal parts design and optimization of process parameters. The needed improvements of inverse approach in sheet metal forming simulation were finally discussed.

Key words: inverse approach; sheet metal part design; blank design; sheet metal forming simulation.

图象处理中经典边缘检测算法的性能分析

许鸿昊 路元刚 左敦稳

(南京航空航天大学机电学院 南京 210016)

摘要: 本文介绍了 Sobel、Kirsh、Laplacian、LOG 等几种经典边缘检测算法的基本原理, 用计算机实现了它们对一幅经过中值滤波的切屑灰度图像的边缘检测, 对各种算法的处理结果在处理速度、处理效果等方面进行了细致的比较, 并详细讨论了各自的优缺点, 从而为在图象处理的实践过程中采取合理算法提供了一定的依据。

关键词: 图像处理 边缘检测 模式识别

中图分类号: TP317.4

1 引言

边缘检测是数字图像处理中最基本的手段, 检测的精度直接影响到后续处理的精度。目前的边缘检测算法分为两大类^[1]: 一类是基于某种固定算法的局部运算方法, 如微分法、拟合法等, 他们属于经典的边缘检测方法; 另一类是以能量最小化为准则的全局检测方法。其特征是运用严格的数学方法对问题进行分析, 给出一维函数作为最优检测的依据, 从全局最优的观点提取边缘, 如松弛法、神经网络法等。经典边缘检测算法的特点是: 计算简单, 运算速度快, 易于实现。本文将具体介绍图像处理系统中常用的几种经典边缘检测算法。

2 经典边缘检测算法的原理及实现

2.1 Sobel 算子

Sobel 算子是一种一阶微分算子, 它对数字图像 $\{f(i, j)\}$ 的每个像素, 考察它上、下、左、右相邻点灰度的加权差。经典 Sobel 算子的定义如下: 设

$$A = [f(i-1, j-1) + 2f(i-1, j) + f(i-1, j+1)] - [f(i+1, j-1) + 2f(i+1, j) + f(i+1, j+1)]$$

$$B = [f(i-1, j-1) + 2f(i, j-1) + f(i+1, j-1)] - [f(i-1, j+1) + 2f(i, j+1) + f(i+1, j+1)]$$

$$\text{则 } S(i, j) = \max(A, B) \quad (2-1)$$

$$\text{或 } S(i, j) = A + B \quad (2-2)$$

适当选取门限 T , 作如下判断: 若 $S(i, j) > T$, 则 (i, j) 为边缘点, $\{S(i, j)\}$ 为边缘图像; 否则剔除 (i, j) 。经典的 Sobel 算子只有水平和垂直两个方向的模板, 用于识别灰度变化方向。实际处理中通常改进 Sobel 算法, 采用对应八个方向的八个模板, 以识别图像的实际边缘方向。

定义边缘方向水平向左为方向 0, 然后顺时针转动 45° 依次为方向 1、2、3、4、5、6、7, 则八方向模板如图 1 所示。

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

方向 0

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

方向 1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

方向 2

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

方向 3

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

方向 4

0	-1	-2
1	0	-1
2	1	0

方向 5

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

方向 6

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

方向 7

图 1 改进的八方向 Sobel 算子模板

2.2 Kirsch 算子

Kirsch 算子是一种非线性算子。它对数字图像 $\{f(i, j)\}$ 的每一个像素, 考察它的八个相邻点的灰度变化, 以其中三个相邻点的加权和减去剩下五个相邻点的加权和。使三个相邻点环绕 (i, j) 不断移位, 取八个所得差值中最大值作为 Kirsch 算子值。

设某象元 $f(i, j)$ 经 Kirsch 算子计算后的值为 $K(i, j)$, 则:

$$K(i, j) = \max \{1, \max [5S_m - 3T_m]\} \quad (2-3)$$

式中: $S_m = f(A_m) + f(A_{m+1}) + f(A_{m+2})$

$$T_m = f(A_{m+3}) + f(A_{m+4}) + f(A_{m+5}) + f(A_{m+6}) + f(A_{m+7})$$

其中 A_m 为 (i, j) 的某一相邻点, A_{m+n} ($n=1 \sim 7$) 为顺时针方向上距起点 A_m 为 n 的相邻点。

取门限值 T 作如下判断: 若 $K(i, j) > T$, 则 (i, j) 为边缘点, $\{K(i, j)\}$ 为边缘图像; 否则剔除 (i, j) 。用模板表示的 Kirsch 算子如图 2 所示。

+5	+5	+5
-3	0	-3
-3	-3	-3

(a)

-3	+5	+5
-3	0	+5
-3	-3	-3

(b)

-3	-3	-3
-3	0	-3
+5	+5	+5

(c)

-3	-3	-3
+5	0	-3
+5	+5	-3

(d)

-3	-3	+5
-3	0	+5
-3	-3	+5

(e)

-3	-3	-3
-3	0	+5
-3	+5	+5

(f)

+5	-3	-3
+5	0	-3
+5	-3	-3

(g)

+5	+5	-3
+5	0	-3
-3	-3	-3

(h)

图 2 Kirsch 边缘检测模板

2.3 Laplacian 算子

Laplacian 算子是一种二阶微分算子, 它具有旋转不变性, 即各项同性。Laplacian 算子对数字图像 $\{f(i, j)\}$ 的每个象素, 取其在 x 轴方向和 y 轴方向的二阶差分之和。Laplacian 算子可表述如下:

$$\nabla^2 f(i, j) = \Delta_x^2 f(i, j) + \Delta_y^2 f(i, j)$$

其数字差分式可近似表示为:

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(i, j) = & f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) \\ & + f(i, j-1) - 4f(i, j) \end{aligned} \quad (2-4)$$

由式 (2-4) 可知: Laplacian 算子与边缘方向无关。若 $\nabla^2 f(i, j)$ 在 (i, j) 点发生零交叉, 则 (i, j) 为边缘点; 否则剔除 (i, j) 。常用的 Laplacian 算子有两个, 如图 3 所示。

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

(a)

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

(b)

图 3 Laplacian 算子边缘检测模板

2.4 拉普拉斯-高斯(LOG)边缘检测算子

图像常常受随机噪声干扰, 传统的 Laplacian 算法采用二阶微分, 对点状干扰敏感, 常常将其识别为边缘点, 从而提高误检率。Marr 在对人类视觉系统初级信息加工研究的基础上^[2], 提出了著名的拉普拉斯-高斯(LOG)边缘检测算子, 也常称为 LOG 滤波器。其核心思想是, 首先用二维高斯函数对原始图像作最佳平滑, 再用 Laplacian 算子处理平滑结果, 然后用提取零交叉点的方法做边缘检测。

二维高斯函数为:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

其中 σ^2 表征周围各点对 (i, j) 点光强度贡献的

方差, LOG 函数为:

$$\nabla^2 G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^4} \left(2 - \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

要获得理想的边缘图像, 首先需要构造合适大小的 LOG 模板。为了建立 LOG 模板, 常把 LOG 函数改写为

$$\nabla^2 G(x, y, \sigma) = K \left(2 - \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2-5)$$

其中, K 为比例因子, 在构造模板时通过选取适当的比例因子 K 可以使模板各元素均为整数。而 σ 是高斯空间常数, 其大小将影响到检测的结果。一般来说, σ 稍大, 边缘的检测效果比较好。

表 1 11×11LOG 模板

0	0	0	-1	-1	-2	-1	-1	0	0	0
0	0	-2	-4	-8	-9	-8	-4	-2	0	0
0	-2	-7	-15	-22	-23	-22	-15	-7	-2	0
-1	-4	-15	-24	-14	-1	-14	-24	-15	-4	-1
-1	-8	-22	-14	52	103	52	-14	-22	-8	-1
-2	-9	-23	-1	103	178	103	-1	-23	-9	-2
-1	-8	-22	-14	52	103	52	-14	-22	-8	-1
-1	-4	-15	-24	-14	-1	-14	-24	-15	-4	-1
0	-2	-7	-15	-22	-23	-22	-15	-7	-2	0
0	0	-2	-4	-8	-9	-8	-4	-2	0	0
0	0	0	-1	-1	-2	-1	-1	0	0	0

本文中，根据式（2-5）构造一个 11×11 的 LOG 模板，如表 1 所示。用这样的模板对图像进行卷积，得到零交叉图，然后用过零法判别边缘点。若在 (i, j) 点发生零交叉，则 (i, j) 为边缘点；否则剔除 (i, j)。

3 经典边缘检测器的性能比较

为分析比较这几种经典边缘检测器的性能，首先用 CCD 捕获了切屑的 AVI 动态图像，然后用

Premier 从其 BMP 静态图像序列中捕抓了一幅图像作为原始图像，但是此图像噪声较大，因此本文中采用经过中值滤波的图像为待处理图像，如图 4 所示。然后用 Sobel、Kirsh、Laplacian、LOG 算子对其进行边缘检测，检测结果及所耗时间分别如图 5、6、7、8 所示。

(CPU 为赛扬 II 566，RAM 为 128M)



图 4 经过中值滤波的待处理图像

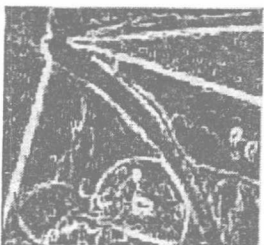


图 5 Sobel 算法检测结果 (160ms)

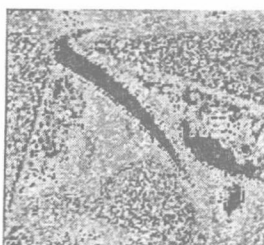


图 6 Kirsch 算法检测结果 (150ms)

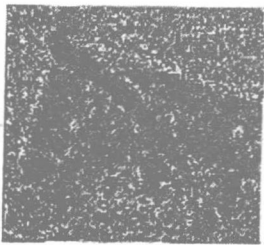


图 7 Laplacian 算法检测结果 (20ms)

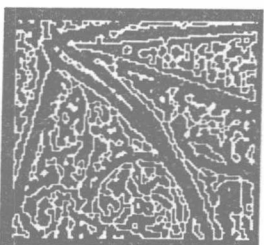


图 8 LOG 算法检测结果 (140ms)

从以上处理结果可以看出:

1. 处理时间方面, 以 Laplacian 算法最快, 仅需 20ms, 其他三种算法速度相当, 其中以 Sobel 算法处理时间最长, 达 160ms。

2. 在处理效果方面, LOG 算法保持了主要的边缘信息, 检出的边缘宽度基本上为一个像素, 且连续性好, 由于其使用过零法判别边缘点并获取边缘, 因此原始图像中边缘两侧的灰度差大小对所得边缘的粗细及灰度值大小影响并不大, 有利于实现后续地边缘跟踪。Sobel 算法具有一定抑制噪声的能力, 但边缘两侧的灰度差大小对所得边缘的粗细及灰度值影响较大, 而且对于模糊边缘, 其处理结果也倾向于模糊, 要实现边缘跟踪还必须对处理结果进行二值化、细化等一系列后续处理。Kirsch 算法及 Laplacian 算法受噪声干扰的影响较大, 尤其 Laplacian 算法对点状干扰极为敏感, 因此对于模糊边缘几乎没有检测能力。而对于两侧灰度值相差较大的边缘, 可以看出 Kirsch 的处理效果是要优于 Laplacian 的。

综上所述, LOG 滤波器的处理效果是最优的, 处理时间也是适中的, 但其缺点在于:

1. LOG 算法认为零交叉点对应着边缘曲线一阶导数的最大值, 即原始图像中灰度变化最剧烈处, 然而在一阶导数曲线上只要是出现了极大值的点就能形成零交叉, 从而导致伪零交叉的出现及实际边界的误判。通过检测一阶导数与三阶导数是否异号可以去

除伪边缘^[3]。

2. 当实际边界向外突起时, 处理所得边界向实际边界的外面偏离; 而当实际边界向内凹进时, 处理所得边界向实际边界的内侧偏离。这样的话, 就会使两条相邻的边界相向偏移从而互相干扰。处理所得边界从实际边界偏移的尺寸取决于高斯空间常数 σ 的大小以及实际边界曲率的大小。 σ 越大, 偏离越大; 曲率越大, 偏离越小。而 σ 越大, LOG 滤波器反应主要轮廓的形状, 滤除细节及噪声的效果越好。因此采用 LOG 滤波器对图像进行处理存在边缘的形状检测效果和位置检测精度之间的均衡问题^[4]。

4. 结论

在以上四种边缘检测算法中, Sobel 算法属于一阶微分方法, 计算图像的梯度值来增强图像, 然后对梯度按阈值取舍的方法检测边缘。Kirsch 算法属于非线性方法, 通过计算八相邻点灰度差的最大值来增强图像, 然后也是按阈值取舍方法检测边缘。Laplacian 和 LOG 属于二阶微分方法, 都是通过计算灰度的二阶微分来增强图像, 然后寻找二阶微分中的零穿越来判别边缘点, 从而获取边缘, 所不同的是 LOG 算法首先对图像进行了高斯滤波。经以上对各滤波器的性能分析, 可以得出结论, LOG 滤波器在形状检测方面是各经典滤波器中最优的。在位置检测方面则需权衡, 如果优先考虑运算速度, 推荐 LOG 算法; 如果优先考虑位置精度, 则提倡采用 Sobel 算法。

Performance Analysis for Some Classical Edge Detection Algorithms

Xu Honghao, Lu Yuangang, Zuo Dunwen

Abstract In this paper, the fundamentals of several classical edge detection algorithms, such as Sobel, Kirsh, Laplacian, and LOG were introduced. Edge detection of a gray-scale image, which has been dealt with median filtering, was completed by computer with these algorithms respectively. The results were compared in detection efficiency and effect. The advantages and disadvantages of these algorithms were discussed in detail. The work that has been done can supply important references to adopt a rational algorithm in image processing.

Key Words: image processing; edge detection; pattern recognition

参考文献

- [1] 游素亚, 杨静, 图象边缘检测技术的发展与现状, 电子科技导报, 1995-8: 25-27
- [2] Marr D. 视觉计算理论, 北京: 科学出版社 1988
- [3] 叶勤, 利用 LOG 算子提取边缘所存在问题的探讨, 武测科技 1996-1: 18-20
- [4] 庄洪春, 用高斯拉普拉斯过零法计算遥感影像中不同类区域边界位置的精度, 遥感技术与应用, 1994, Vol9, No3: 36-42
- [5] 路元刚, 基于 CCD 图像的切屑形态参数检测技术研究, 南京航空航天大学硕士学位论文, 2002.3