

基于草图的程序流程图自动识别翻译系统

诸彬¹ 何骅^{2,3} 徐从富³

¹(杭州师范大学信息科学与工程学院 浙江 杭州 310036)

²(浙江教育学院现代教育技术系 浙江 杭州 310012)

³(浙江大学计算机科学与技术学院 浙江 杭州 310027)

摘 要 手绘草图是人类一种自然而直接的思路外化和交互方式。介绍一个基于草图的程序流程图自动识别翻译原型系统——SketchFlow。基于对现有可利用的识别技术及流程图领域知识的综合分析,设计并实现了这个系统。该系统可以完成程序流程草图的识别及到相应 C 语言代码的自动翻译。

关键词 草图 程序流程图 自动翻译 识别

AUTOMATED RECOGNITION AND TRANSLATION SYSTEM FOR PROCESS FLOW DIAGRAM BASED ON SKETCH

Zhu Bin¹ He Hua^{2,3} Xu Congfu³

¹(College of Information and Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, Zhejiang, China)

²(Department of Modern Education Technology, Zhejiang Education Institute, Hangzhou 310012, Zhejiang, China)

³(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China)

Abstract Freehand sketch is a natural and direct way of thoughts externalisation and interaction mode for human beings. In this paper we present a sketch-based process flow diagram recognition and translation system——SketchFlow. Based on synthetic analysis of present utilisable recognition technologies and flow chart domain knowledge, we have designed and implemented the prototype of this system. It can recognize the online sketches of process flow diagram and translate it into codes of C language automatically.

Keywords Sketch Process flow diagram Automatic translation Recognition

0 引 言

自然人机交互技术是当前计算机应用技术研究的重要方向^[1]。手绘草图借助计算机模拟纸和笔,在给人们提供了一种最为自然的交互方式的同时,也给人们搭建了一个展现设计思维、开展创造性设计工作的平台。草图及草图识别作为多学科的交叉技术,近年来已成为国内外研究的一个热点^[2-7]。

程序流程图是历史最悠久、使用最广泛的描述算法的工具,是算法的图形表现形式。它使用几何图形、流程线和文字说明来论述一个算法。因其直观、易懂、便于初学者掌握使用的特点而被广泛使用。在程序设计教学的多媒体环境中,如果能够利用草图来进行程序流程图的绘制,并实现程序流程草图的识别和自动翻译,不仅符合人的思维习惯,也将大大方便语言类课程的教学,在其他教学领域也将有着广阔的应用前景。

目前,流程草图作为草图的一个分支,已成为草图研究的一个重要方向。许多专家学者已经在流程草图识别领域做了许多卓有成效的研究^[8-10]。但是对于程序流程草图,特别是程序流程草图语义识别即逻辑结构判别和代码自动生成的研究较少。

本文设计并实现了一个程序流程草图自动翻译原型系统 SketchFlow,系统功能包括图元识别、逻辑转换、代码自动生成

等。可完成在线手绘程序流程草图到 C 语言代码的自动识别与转换。该系统可用于 C 语言教学,也可用于程序员的快速程序设计和编码。

1 系统框架

SketchFlow 系统主要包括四个部分:用户交互、预处理器、识别引擎和代码生成器,其结构如图 1 所示。

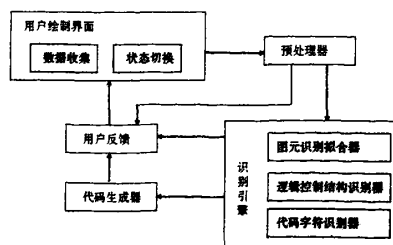


图 1 系统框架

收稿日期:2008-09-16。国家高技术研究发展计划专题项目(2007AA01Z197);国家自然科学基金项目(60402010)。诸彬,讲师,主研领域:智能人机交互。

1.1 用户交互

用户交互包括用户工作界面、草图输入与编辑、输入草图处理结果的系统反馈以及处理系统的用户干预等。同时,系统提供了多种类型的反馈的时机与方式,用户可根据个人喜好自由选择。

1.2 预处理器

预处理的目的是,为了消除由于用户输入习惯的差异及采样过程的不稳定等引起的诸如笔划冗余点、曲线闭合误差等噪声,为后续的图元识别做准备。

1.3 识别引擎

识别引擎是整个草图识别系统的核心,它与预处理器结合就完成了 SketchFlow 系统的主要识别机制,如图 2 所示。识别引擎包括图元识别拟合器、逻辑控制结构识别器和代码字符识别器。图元识别拟合器在笔划预处理的前提下,根据程序流程图草图图元的几何特征,并结合曲率、速度、方向等图元关键特征,最终将其识别成线、矩形、菱形、平行四边形、圆等程序流程图基本图元,并且进行相应形状拟合。逻辑控制结构识别器是在图元识别的前提下,根据图元组合的上下文信息,对顺序、选择、循环三种基本逻辑结构进行识别和相应结构代码生成。代码字符识别器用于实现流程草图图元内字符及表达式的识别,结合代码生成器,最终实现程序流程图草图到 C 语言代码的自动翻译。

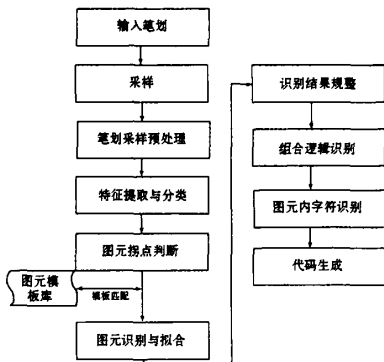


图2 系统识别过程

2 关键技术

2.1 图元识别拟合

图元识别是整个系统的基础。在图元识别过程中,我们首先根据三大特征,即图元闭合性特征、采样点列的拐点特征和图元最大矩形包围盒特征,对图元进行了粗分类,并结合图元的几何特征、速度特征等,采用层次识别的方法,对图元进行了识别和拟合。具体过程如下:首先通过图元粗分类特征中的闭合性特征,区分出流程线,然后利用图元的速度特征区分出圆和四边形图形,最后通过各种四边形的几何特征,如平行、垂直和两边夹角特征等,区分出平行四边形、矩形和菱形图元。

2.2 图元存储方法

在程序流程图中,图元菱形、矩形和平行四边形的组合既可以构成逻辑结构中的选择结构,也可以构成循环结构。而根据不同的上下文信息以及菱形图元不同出入度,可以对其进行

相应的逻辑判断。为了方便流程图图元的存储、遍历和逻辑结构的转换,本文设计了一种存储图元的节点结构(如图3所示)。此结构可根据程序流程图中不同的上下文信息,对相关的字段进行赋值,从而为后续的程序逻辑结构的识别打下基础。

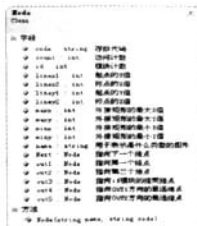


图3 存储图元结构

2.3 逻辑结构判别

程序流程图逻辑结构的识别是整个系统的关键,系统使用栈对逻辑结构进行存储和判别,具体的栈结构如图4所示。本文系统中涉及到两个栈 S1 和 S2,在创建流程图数据时使用栈 S1,在遍历流程图数据时使用栈 S2。



图4 栈的数据结构

程序流程图逻辑结构的判别采用递归访问法,当访问到最后的图元节点时输出结束代码。在访问至菱形图元节点(即判断框)时,需要对存储的是选择(以 IF 为例)还是循环(以 WHILE 为例)进行判别。具体方法如下:

步骤1 从初始节点出发,对存储结构进行遍历。

步骤2 当访问到了菱形图元时,将该图元入栈 S2。

步骤3 递归访问菱形图元的 OUT1 指向节点,当该方向最终指向栈顶本身时,WHILE 模块出栈,同时,输出 WHILE 结束标记。继续访问 WHILE 结束节点的下一节点。当访问到 IF. OUT3 模块时,结束 OUT1 方向的访问并返回。同时,在返回时将 IF 模块的访问计数标记为 1,以表示 OUT1 方向已被访问。接着访问 IF 模块的 OUT2 指向,当访问到 IF. OUT3 模块时,结束 OUT2 方向的访问,把 IF 模块出栈,并输出 IF 结束标记。继续访问 IF 结束节点的下一节点。

2.4 图元范围内字符及表达式识别

字符的识别需综合考虑笔划的切分方式和单个字符的匹配程度,现有的识别技术已经可以较好地识别基本的英文字符^[11]。为了简化,本系统中利用了 Tablet PC 字符识别组件对系统中流程图草图图元内的字符和表达式进行识别。同时,我们在系统中设置了自定义识别器与用户自定义字典,在自定义字典中加入程序流程图中的常用字符串,从而提高识别率。识别样例如图5所示。

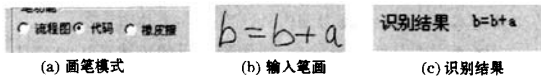


图5 字符识别样例

3 系统实例

本例中,在 Windows XP 环境下,利用 Tablet PC 作为绘制草图的输入设备,以程序设计课程中的一个常用实例来进行系统功能测试,具体实例如下:

输入 10 个学生的成绩,分别统计及格和不及格的人数。

首先对这个问题进行分析,并绘制出程序设计的算法流程图草图,如图6(a)所示。然后系统对绘制好的流程草图进行识

(下转第 112 页)

容易产生组合爆炸。

3.4 参数设置及仿真结果

参数设置如下:粒子规模 $swarm_size = 40$, 最大迭代次数 $iterations = 200$, 惯性权重 w 按照线性权重方法取值, $c_1 = c_2 = 2.0$ 。

仿真结果如图 2 所示(上图显示最佳粒子的位置, 下图显示最佳目标值):

最佳粒子的位置为 1000110011010101101, 配置成本为 3608 元。

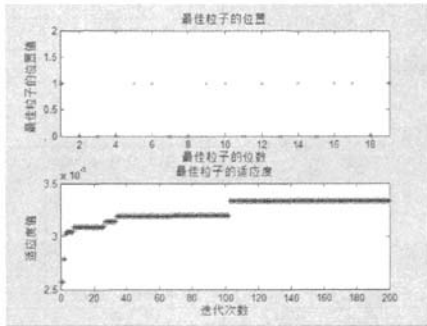


图 2 配置实例结果

4 结束语

本文从大规模定制的生产商和客户两者的角度出发,以单位成本上客户要求与模块实例在产品性能方面的相关度最大为优化目标,建立数学模型,利用改进的离散二进制粒子群算法,实现优化配置,最后通过实验验证本模型及算法的可行性。

参考文献

- [1] 王海军, 孙宝元, 张建国, 等. 客户需求驱动的模块化产品配置设计[J]. 机械工程学报, 2005, 14(4): 85-91.
- [2] Chakravarty A C, Balakrishnan. Achieving product variety through optimal choice of module variations[J]. IEEE Transactions, 2001, 33(7): 587-598.
- [3] Shi Y, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer[C]//IEEE World Congress on Computational Intelligence, 1998: 69-73.
- [4] 苏守宝, 汪继文, 方杰. 粒子群优化技术的研究与应用进展[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(5).
- [5] Kennedy J, Eberhart R C. Particle swarm optimization[C]//Proc IEEE International Conference Neural Networks, 1995: 1942-1948.
- [6] Shi Y, Eberhart R C. Empirical study of particles swarm optimization[C]//Proceedings of the Congress Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Services Center, 1999: 1945-1950.
- [7] Kennedy J, Eberhart R C. A discrete binary version of the particle swarm algorithm[C]//In International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1997, 5: 4104-4108.
- [8] 刘兴太, 杨震, 程洪海, 等. 层次分析法判断矩阵在确定科研绩效评价权重系数中的应用[J]. 中国科技信息, 2008, 19.
- [9] 魏晓鸣, 刘晓冰, 杨春立. 产品配置设计评价模型研究[J]. 大连理工大学学报, 2006, 46(4): 510-515.

代码。对其中的输入输出语句稍作修改后,即可得到图 6(c)所示的可执行的 C 语言代码。实验结果显示,系统对基本逻辑结构顺序、选择、循环及其嵌套均能成功识别,总体识别效果较好。

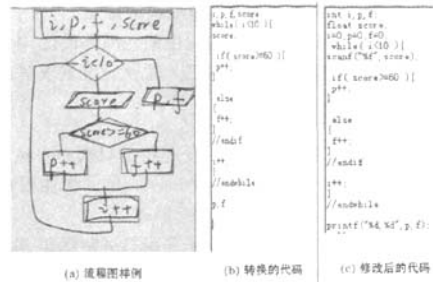


图 6 学生成绩统计流程图及其代码自动生成

4 总结

将自然、高效的笔交互技术与程序流程图领域知识有机结合,开发了基于草图的在线程序流程图自动识别翻译系统。实现了程序流程图草图到 C 语言代码的自动翻译。能够完成程序流程图草图基本图元的识别和拟合,识别顺序、选择和循环结构,并支持选择和循环的嵌套,为程序设计课程的教学提供了更为自然的人机交互手段,具有广阔的应用前景。

但本文系统目前所能判别的基本图元尚显单一;在判断程序流程图逻辑结构时,由于采用栈等精确的方法,要求用户按照一定的规则进行绘图,在一定程度上影响了系统的鲁棒性。下一步将考虑采用一些更加智能的方法加以改善。

参考文献

- [1] 梁爽, 孙正兴. 手绘草图识别方法研究[J]. 计算机工程, 2005(10): 170-172.
- [2] Hughes John F, Jorge J A. Sketch-based interfaces and modeling[C]//Proceedings of the Euro graphics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling 2004 (SBM'04), Grenoble, 2004.
- [3] Kara I B, Stahovich T F. Sim-U-Sketch: A Sketch-Based Interface for Simulink[C]//Proceedings of Advanced Visual Interfaces, 2004: 354-357.
- [4] Thorne M, Burke D, M van de Panne. Motion Doodles: An Interface for Sketching Character Motion. ACM Transactions on Graphics, 2004, 23(3): 424-431.
- [5] 孙正兴, 冯桂焕, 等. 基于草图的人机交互技术研究进展[J]. 计算机辅助设计与图形学学报. 2005, 17(9): 1889-1899.
- [6] 何利力, 方贵盛, 孔繁胜. 融合意图捕捉的笔式草绘特征建模[J]. 计算机辅助设计与图形学学报. 2007, 19(6): 730-735.
- [7] 栗阳, 关志伟, 戴国忠. 笔式用户界面开发工具研究[J]. 软件学报, 2003, 14(3): 392-400.
- [8] 张小亮, 孙根正, 廖达雄, 等. 基于几何特征的在线手绘流程图识别[J]. 计算机辅助工程, 2007(3).
- [9] 王淑侠. 支持概念设计的手绘图在线识别研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2006.
- [10] Levent Burak Kara, Thomas F. Stahovich. Hierarchical parsing and recognition of hand-sketched diagrams[C]//Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology, 2004.
- [11] 庞东虎, 金伟杰. 英文字符特征提取系统[J]. 计算机仿真, 2007(12).

(上接第 56 页)

别,并对数据结构进行遍历操作,得到如图 6(b)所示的 C 语言