

文章编号:1001-9081(2005)01-0226-03

UML 在 IFIS 智能指纹鉴别系统开发中的应用

钟冰, 马利庄, 聂栋栋

(上海交通大学 信息安全工程学院, 上海 200030)

(zhongbing79@sjtu.edu.cn)

摘要: UML 是一种面向对象的建模语言, 广泛应用于以用例为驱动、以体系结构为中心、迭代及增量的软件开发过程中。文中主要阐述了 UML 面向对象分析和设计思想在 IFIS 智能指纹鉴别系统开发过程中的应用, 包括需求分析、系统设计和实现。

关键词: UML; 指纹鉴别; 面向对象

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Application of UML in developing IFIS intelligent fingerprint identification system

ZHONG Bing, MA Li-zhuang, NIE Dong-dong

(School of Information Security Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: UML is an object-oriented modeling language, and has been widely applied to software developing driven by Use-case and centered on architecture structure. The idea of UML object-oriented analysis and design was described which was applied to the development of IFIS intelligent fingerprint identification system, including requirement analysis, system design and system application.

Key words: UML; Fingerprint identification; Object-Oriented

0 引言

指纹识别技术是生物识别技术领域研究的一个热点, 具有相当广阔的应用前景。国内外已有许多成功的相关系统, 主要应用于高速度比对和查找。对于法院系统, 指纹鉴定是将主要嫌疑对象的样本指纹和从作案现场采集到的待鉴定的罪犯指纹进行比对, 得出鉴定结论的过程。目前对指纹的司法鉴定一般还是采用人工鉴定的办法, 由于从现场采集的罪犯指纹常常模糊不清, 残缺破损情形严重, 人工鉴别的工作量很大。

IFIS 智能指纹鉴别系统, 是为司法系统指纹鉴定专门设计的高科技产品。该鉴别系统提供大量的特征参数, 结合丰富的人机交互工具和方便的管理工具, 可以极大提高指纹鉴别人员的工作效率和鉴别精度。

UML 是当前主流的面向对象软件开发模型, 可以建立通用软件开发模型, 覆盖了从需求分析到系统测试、部署的整个软件生产过程, 为软件开发提供了一套完美的解决方案。针对鉴别系统需求的不确定性, 为避免开发的盲目性, 需要采用有效的软件设计方案来指导和管理整个软件开发过程, 因此在 IFIS 指纹鉴别系统的开发过程中, 按照 UML 规范, 使用 CASE 工具 Rational Rose 进行需求分析、系统分析、设计和实现, 取得系统软件开发的成功完成。

2 需求分析

IFIS 智能指纹鉴别系统主要应用于司法系统指纹鉴定,

解决鉴别工作中遇到的现场指纹图像质量很差的难题, 同时对指纹鉴别人员也提出规范化操作流程、鉴定责任明确化的要求。为此, 系统除对质量差指纹图像的处理能力外, 还需要提供一定的用户管理和工作记录查询来组织和管理系统使用, 以维护指纹鉴定的公正性。UML 描述系统需求通常采用用例图模型。

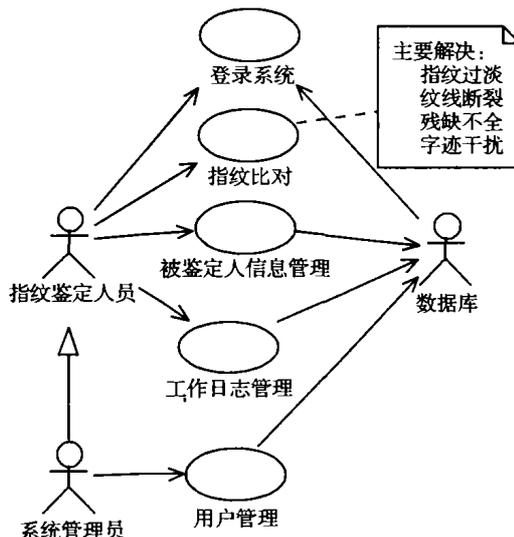


图 1 系统总体用例图

从图 1 可以看出, 系统开发的的目的并不是追求一般指纹识别系统所追求比对速度, 而主要解决一些质量比较差的现场指纹图像与标准采样指纹的比对问题, 同时也对指纹鉴别

收稿日期: 2004-06-06; 修订日期: 2004-08-27

作者简介: 钟冰(1979-), 男(土家族), 湖南岳阳人, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机图形和图像、计算机动画; 马利庄(1963-), 男, 浙江人, 博士生导师, 主要研究方向: 计算机辅助设计、计算机图形、计算机动画、科学数据可视化、数字多媒体、数据重建; 聂栋栋(1976-), 女, 河南人, 博士研究生, 主要研究方向: 计算机图形和图像、计算机动画。

过程的规范化和责任化提出了开发要求。可以看出,图 1 中的用例还需要进一步细分,如用户管理可以分解为增加用户、修改用户和删除用户三个用例。

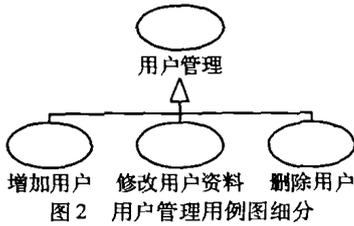


图 2 用户管理用例图细分

3 系统设计

需求分析完成以后,可以依据需求分析图,进一步指导系统的分析和设计。系统分析和设计主要包括了用例详细设计、类设计和数据库设计。

3.1 用例详细设计

用例是指用户与系统的一系列交互,并得到一个有意义的结果。对系统需求中的每个用例,需要进行详细的分析,并以一种通用的表示来文档化,表 1 是对系统需求中指纹比对用例的详细交互设计。其对应的 Rose 时序图如图 3 所示。

表 1 指纹比对用例详细设计

用例名称	指纹比对
用例目标	得到一幅现场指纹图像与一幅标准指纹图像的匹配度
触发事件	比对两幅指纹图像
输入参数	现场指纹图像, 标准指纹图像
输出参数	匹配信息(匹配度、匹配特征)
前置条件	登录系统
成功条件	得到匹配结果
时序图	图 3
主要步骤	1) 鉴别人员点击指纹比对; 2) 显示指纹比对话框; 3) 选择现场指纹图像; 4) 选择标准指纹图像; 5) 提交, 指纹比对; 6) 系统处理两幅指纹图像, 输出指纹图像匹配信息; 7) 显示匹配信息

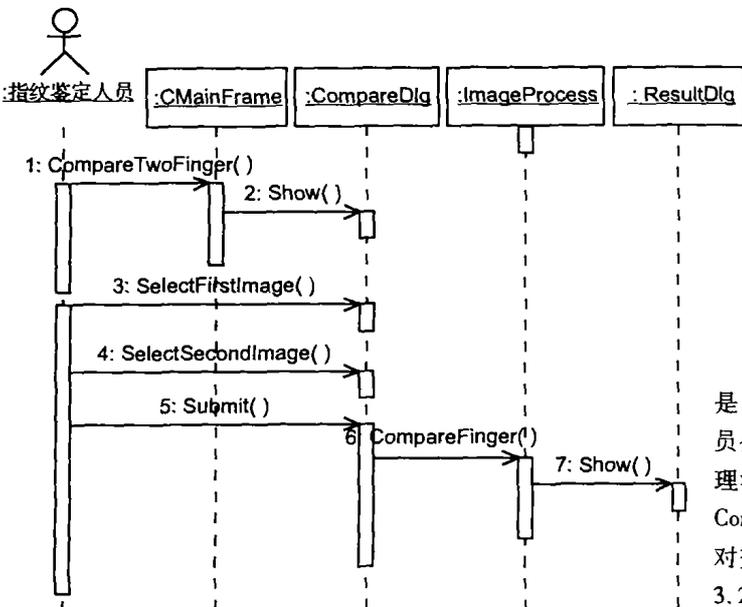


图 3 指纹比对用例时序图

系统其他各个用例的详细分析和设计同样采用这种表示方式。需要说明的是,UML 强调一种迭代式、增量式开发,每一个设计部分的完成并不代表这个过程结束,随着需求和设计的进一步细化,可以回复到前面的设计过程,修改响应的设计。

3.2 类设计

UML 规范按照类职责不同将系统设计类分为边界类、实体类和控制类。边界类的主要职责是管理系统与用户的交互行为,提供系统的交互接口;实体类是系统中数据组织的重要部分,主要职责是提供系统需要处理的数据,成为系统运转的基石;控制类的主要职责是管理系统内部消息传递,协调、组织实体类和边界类来完成特定的系统功能。

经过用例详细分析和数据库设计以后,可将所有设计类按照类职责不分为边界类、实体类和控制类。

3.2.1 边界类设计

界面是应用软件系统的重要组成部分,是否提供了一致、简单的用户界面,可能成为软件系统开发是否成功的关键评价标准。界面提供用户与系统交互的接口,按照 UML 规范,界面设计主要是指边界类设计,用户与系统的交互都是通过边界类来完成的。

针对智能指纹鉴别系统,系统需要对质量较差的指纹图像进行处理,希望提取有效的指纹特征,提高法院鉴定工作的效率和公证性。然而低质量指纹图像处理一直是研究难题,至今也不能说找到了很好的解决方案,因此系统除采用适应性强的图像增强算法和特征匹配算法外,同时引入适当的人机交互接口,可以极大的提高系统的应用范围,满足法院鉴定工作要求,考虑计算机算法适于处理指纹细节特征,而对指纹全局特征不能很好把握,系统需要提供预处理过程中指纹图像有效区域手动标识接口,既可以提高指纹处理速度,也提高了比对精度。系统总体边界类设计如图 4 所示。

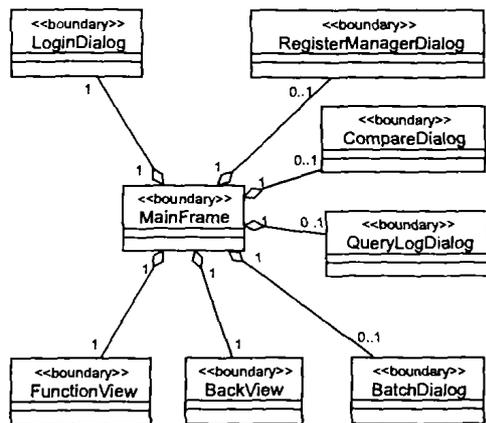


图 4 系统边界类图

可以看出,MainFrame 是系统的主体框架,其他边界类都是以 MainFrame 边界类为容器;LoginDialog 类是负责鉴定人员登录系统的交互接口;RegisterMangagerDialog 类提供了管理注册用户的交互接口;系统的两个核心交互接口是 CompareDialog 类和 BatchDialog 类,分别提供两幅指纹图像比对交互接口和批次指纹图像比对交互接口。

3.2.2 实体类设计

实体类主要指系统运行的数据基础类,按照 RUP 的思

想,采用名词分析法对系统需求进行分析,就可以得到大部分的实体类。对智能指纹鉴别系统而言,指纹图像数据是系统的核心数据,同时,一些相关的管理信息也是实体类的组成部分,主要有注册用户信息、被鉴定人信息、日志信息等等。其中管理信息相关的实体类也需要对应的数据库设计,保证数据持久性。此处只对系统中两个主要类进行分析。

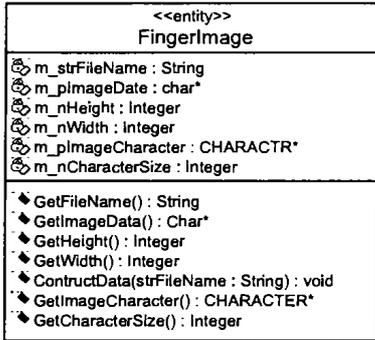


图5 指纹图像实体类

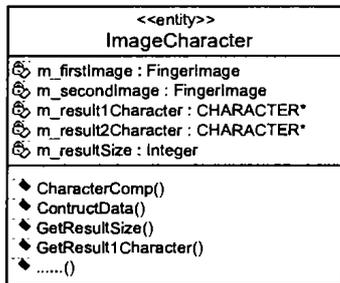


图6 指纹图像特征实体类

从图5和图6可以看出,实体类封装了智能指纹鉴别系统核心数据处理过程,其中指纹图像实体类 FingerImage 封装了对指纹图像的特征提取过程,对一幅现场指纹图像,调用 ConstructData (strFileName: String) 设置类成员变量 m_strFileName 值,函数内部在对指纹图像依次进行预处理、滤波增强和特征提取的时候,可以初始化其他成员变量。对 ImageCharacter 实体类, FingerImage 类实例是它的成员变量,核心成员函数为 CharacterCom(), 可以得到两幅指纹图像特征匹配情况。

3.2.3 控制类设计

分析了边界类和实体类,如何把两者联系、组织在一起,就有必要分析系统控制类。控制类就如同公司体制中的管理部门,对内协调各员工工作,完成公司特定的生产目的;对外,代表公司整体,表征公司业务能力。

对于智能指纹鉴别系统中控制类,作为边界类和实体类间的桥梁,首先需要协调和组织实体类完成系统需求,主要是对指纹图像数据的处理,也有一些管理信息的处理问题;然后把实体类处理的结果通过边界类表现出来。反之亦然。

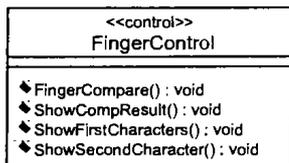


图7 指纹图像控制类

指纹图像控制类是连接指纹特征比对和指纹特征比对结

果显示的桥梁,指纹图像控制类发送 FingerCompare() 消息给实体类,实体类处理两幅指纹图像,得到指纹特征比对结果,然后又发送显示特征消息给边界类,显示指纹图像特征比对结果。

3.3 数据库设计

完成了系统类分析和设计,对于需要持久化的实体类,可建立对应实体类的数据库模型。数据库表结构字段描述与实体类成员变量结构相对应。

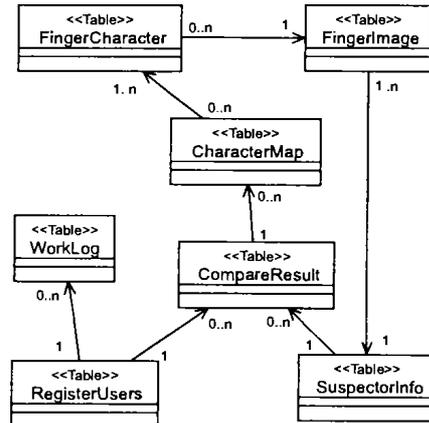


图8 系统数据库表设计

如图8描述,数据库表组成包括满足用户管理、被鉴定人信息管理、日志管理和特征数据数据管理所需要的所有相关数据。其中用户管理由 RegisterUsers 表组织,对应用户管理需求,其设置的字段值分别为:注册用户名、真实姓名、性别、职称、工作权限、用户密码和用户描述,可以看出,表 RegisterUsers 可以完全满足应用需求。图8中各个表间的连线表示数据表约束,RegisterUsers 表和 WorkLog 表之间的对应关系为一个注册用户可以对多条日志记录,同时 RegisterUsers 表的主键 RegisterName 为表 WorkLog 的外键,即 WorkLog 中的字段 UserID 必须为注册用户表中的注册用户名。图中其他依赖关系表示含义相同。

可以看出,UML 不仅是一种很好的面向对象的设计规范,应用于数据库表结构设计,同样取得很好的效果。

4 系统实现

进入到系统实现阶段,需要选择一种面向对象的编程语言。系统综合考虑设计要求、编程灵活性和执行速度,选择采用 Visual C6.0 作为开发工具,Access2000 做为单机数据库。

对应于系统设计中的边界类模型,采用 VC 中的对话框和视图可以可视化组织界面布局,建立良好的人机交互界面;实体类模型,指针和引用的灵活运用,可以极大的提高指纹比对速度;特别对于设计中的控制类,直接利用 MFC 提供的消息响应机制,可以略去控制类的实现。

因为系统采用满足 UML 规范的 ROSE 工具分析和设计系统模型,可以直接利用正向工程生成实现部分代码。反之,修改后的代码也可以应用逆向工程修改系统设计模型。

E-mail 的方式通知系统管理员和该活动的执行者;

活动执行出错: 屏幕显示出错信息, 并以手机短信息和 E-mail 的方式通知流程管理员和该活动的执行者;

流程执行出错: 屏幕显示出错信息, 并以手机短信息和 E-mail 的方式通知流程管理员;

用户负载过重: 对于某用户在指定时间内平均需要完成的活动数目超过某一数目, 以 E-mail 的方式通知系统管理员;

.....

3.5 优化决策方案

通过前面的分析和定义, 针对几种典型的情况推荐优化决策方案如下:

活动执行超时: 针对该情况应分析超时是因为执行者的原因还是活动的预定完成时间设计的不合理, 考虑是否有简单实现该活动的方法, 或者考虑能否将活动分为几个较简单的子活动, 从而可以分配不同的执行者来执行相应的子活动, 有利于提高效率;

执行出错: 对于该情况主要由流程管理员来根据出错类型分析总结, 实现优化;

用户负载过重: 针对该情况, 系统管理员(企业的决策者)要考虑人员职位任务分派与单位人力资源结构的合理性问题, 考虑是否有工作量分配不均的情况、能否分派更多的职员来完成某一活动(任务);

活动执行概率过低: 有时候可能流程中的某个活动在多个流程实例中难得执行一次, 也就是说执行概率相当低。针对这种情况, 应该考虑该活动是否是增值的, 如果不是应该予以删除, 是增值的也应该在人员分派方面进行考虑, 以免有多余的劳动力闲置;

流程的执行频率高: 该情况可能导致用户负载过重, 因此要考虑能否分派更多的人员来参与该流程, 或者说是否需要增加人员到参与该流程的角色中来, 这就牵涉到企业的人员招聘问题;

.....

3.6 流程优化

企业的流程管理员和决策者通过分析所获得的信息, 可以对企业的业务流程进行改善、优化, 保证流程的通畅性和流程节点最大限度的增值, 从而提高企业的经济效益, 使得工作流管理(WfM)与企业的 BPR 有机的结合起来。

4 结语

按照上述方案所设计的流程自优化系统已经与科诺平台的工作流管理系统整合到一起, 并且已经投入到企业的实际应用中, 企业的反映良好。

该系统的设计开发过程渗入了最新的质量管理思想——6 Sigma 的质量控制理论, 将企业的 BPR 很好的融入到 WfM 中, 不仅实现了企业业务流程的自动化, 还实现了企业 BPR 的自动化。

当然, 该系统还有许多需要完善的地方, 下一步将完成的工作是:

(1) 根据统计分析报表生成 6 Sigma 相关的图示^[5], 如直方图(Histogram)、排列图(Pareto chart)、趋势图(Time series plot)、散布图(Scatter diagram)等。这样可以给流程管理员和决策者提供更加直观的分析、寻找质量问题的工具。

(2) 根据所获得的统计信息, 在所提供的预报警功能和优化决策方案方面进行补充, 进一步完善整个系统, 最终实现企业业务流程的自动、智能优化。

参考文献:

- [1] 余菁. 企业再造: 重组企业的业务流程[M]. 广州: 广东经济出版社, 2001.
- [2] HOLLINGSWORTH D, et al. The Workflow Reference Model: 10 Years On[EB/OL]. http://www.wfmc.org/standards/docs/Ref_Model_10_years_on_Hollingsworth.pdf.
- [3] (美)PYZDEK T. 六西格玛手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 科诺(北京)技术公司. 科诺软件开发自动化生产线(KA-2)[EB/OL]. <http://www.kenoah.com/zDH/KAD.htm>.
- [5] 刘文卿. 六西格玛过程控制技术[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2003.

(上接第 228 页)

5 结语

IFIS 智能指纹鉴别系统已通过浙江省科技厅鉴定, 一致认为系统功能齐全, 界面友好, 操作简便, 达到国内先进水平。系统应用于法院的司法鉴定, 辅助鉴定人员进行指纹鉴别, 既减轻工作量又能使鉴定结果更具科学性和可靠性, 经浙江省高级人民法院使用, 反应良好, 具有广阔的应用前景。

本文通过详细讲解 IFIS 智能指纹鉴别系统的开发过程, 包括需求分析、系统分析和设计到系统实现。可以看出 UML 规范在软件开发过程中的前景, 不仅可以满足一般面向对象软件系统设计, 对数据库管理系统也同样有着很好的解决方案。

尽管系统满足了法院指纹鉴定人员的工作要求, 但系统与整个原有法院系统的无缝集成, 依旧是系统设计过程需要

完善的地方, 这也是系统进一步升级和完善的方向, 以便能更好地为司法部门提供更完善的系统应用。

参考文献:

- [1] PRIESTLEY M. Practical Object-Oriented Design with UML[M]. McGraw-Hill Companies, 2000.
- [2] WILLS AC. Objects Components, and Frameworks with UML[M]. Science Press and Personal Education North Asia Limited, 2003.
- [3] 冀振燕. UML 系统分析设计与应用案例. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [4] SHALLOWAY A, TROTT JR. Design Patterns Explained[M]. Addison Wesley, 2003.
- [5] BAZEN AM, GEREZ SH. Gerez: Fingerprint matching by thin-plate spline modelling of elastic deformations[J]. Pattern Recognition, 2003, 36(8): 1859 - 1867.