

智能数据库工具技术*

邓铁清 杨文婷 何久田 周堤基

(总后勤部后勤科学研究所 北京 100071)

摘要 本文详细介绍了—个智能数据库支持工具 FoxPert 的设计与实现技术。该工具立足于主流数据库系统,采用一种增强的松耦合结构实现了 FoxPro, Oracle 与知识表示语言 CLIPS(C language integrated production system)的无缝连接。它在体系结构、集成平台、集成方向和集成形式上具有鲜明的技术特点,已在不同部门推广应用。

关键词 智能软件,数据库,系统集成,应用编程接口,构件。

中图法分类号 TP311.13

80年代,智能软件的集成^[1]主要是以人工智能为中心的集成模式^[2],难以满足软件开发者对主流技术的自如应用。进入90年代,逐步形成以主流技术为中心的开发模式,取得较大进展和成功,但是,各种集成系统立足的主流技术主要是一些编程语言,如C和ADA,仍然难以适应一些应用系统的开发。

本文介绍的智能数据库支持工具 FoxPert for FoxPro 与 FoxPert for Oracle,以“信息系统智能化、智能软件实用化”为指导思想,立足于主流数据库系统,采用一种增强的松耦合结构实现了 FoxPro, Oracle 与知识表示语言 CLIPS(C language integrated production system)^[3]的无缝连接,从而有效地保证了集成系统的适应性、实用性和先进性。

(1) 在体系结构上,系统的实现框架基于目前常用的3种计算机应用系统结构模式,即单机(单用户)模式、局域网(多用户)模式和客户/服务器(分布式)模式,以适应不同层次用户的实际需要。

(2) 在集成平台上,客户机选择一般PC微机系列;服务器既可以是微机,也可以是工作站和曙光I号小型机;客户机操作系统为Windows;服务器操作系统既可采用Netware,也可采用Unix;微机数据库系统或开发工具为FoxPro for Windows;服务器数据库管理系统除Oracle之外,还可以是Sybase, Informix等;异构数据库互连工具为FoxPro Connectivity Kit;知识表示语言为CLIPS语法形式的产生式规则系统。

(3) 在集成方向上,立足于具有市场优势、用户基础和开放特征的主流数据库系统,即FoxPro与Oracle,将智能语言(CLIPS)的各种功能和技术溶入其中。

(4) 在集成形式上,分为语言层、工具层和环境层。语言层主要是提供给高级编程人员使用的,它的集成采用流行的应用编程接口API(application program interface)方式,以实现紧密融合;工具层主要是提供给一般开发人员使用的,它的集成采用常用的构件方式,以实现软件重用;环境层主要是提供给交互式开发与调试使用的,它的集成采用灵活的插件方式,以实现“即插即用”。

1 组成结构

系统的实现框架从内到外由集成平台、编程语言、支撑工具和开发环境4个层次构成,如图1所示。集成平台是由各种硬件、软件和网络构成的单机、局域网或客户/服务器计算平台;编程语言为FoxPro及系列FoxPro风格的API函数;支撑工具为各种知识处理软构件;开发环境是在FoxPro编程环境中以软插件形式提供的智能开发环境。

FoxPert for FoxPro(如图2所示)是FoxPro和CLIPS的集成系统,从结构上分为两层,即FoxPro与CLIPS的双向集界面和与FoxPro环境融为一体的FoxPert开发环境。该版本主要适应于单机和局域网环境。

FoxPert for Oracle(如图3所示)是FoxPro, Oracle和CLIPS的集成系统。它采用客户/服务器结构,其中FoxPro

* 本文研究得到国家863高科技项目基金资助。作者邓铁清,1964年生,高级工程师,主要研究领域为人工智能,知识工程。杨文婷,女,1968年生,工程师,主要研究领域为专家系统,数据库。何久田,1950年生,高级工程师,主要研究领域为信息系统,数据库。周堤基,1931年生,高级工程师,主要研究领域为体系结构,CAD,信息工程。

本文通讯联系人:邓铁清,北京100071,北京市丰台路75号总后勤部后勤科学研究所软件研究室

本文1997-02-04收到原稿,1997-05-07收到修改稿

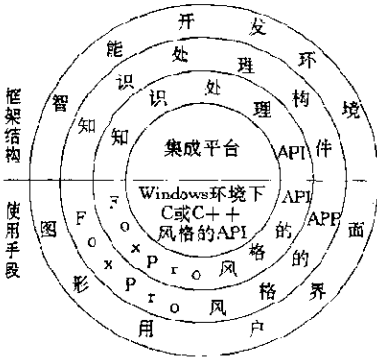


图1 系统实现框架

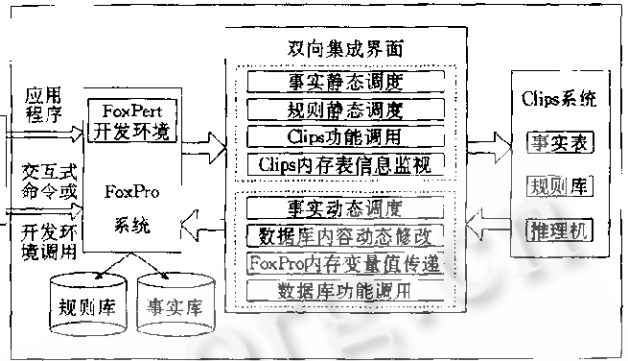


图2 FoxPert for FoxPro系统结构

为前台运行环境,Oracle 为后台数据库服务器,前后台之间通过 ODBC (open database connectivity)实现互连。在该系统中,规则和事实保存在 Oracle 数据库中,由 Oracle 服务器进行管理。客户机运行应用程序,应用程序中关于规则的编辑以及规则、事实的调度,最终都转化为对服务器提出的数据请求,由服务器接受并处理后返回结果。

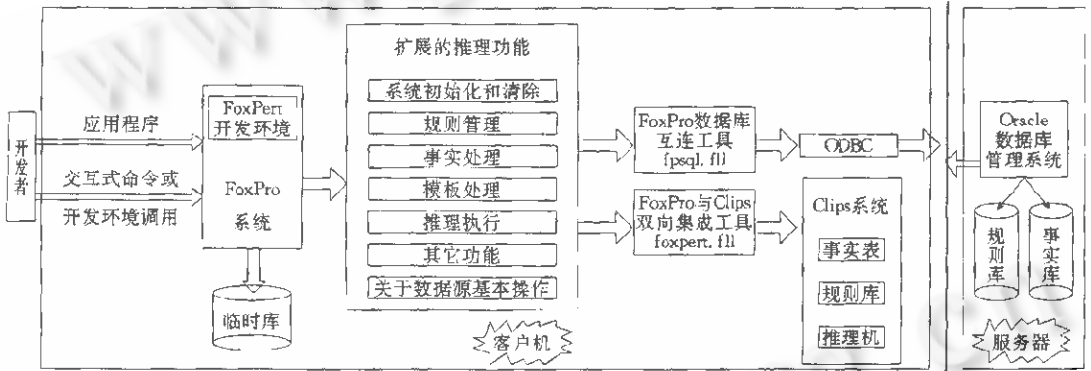


图3 FoxPert for Oracle系统结构

网络

2 知识的数据化表示

CLIPS 的知识表示语言为产生式规则,在语法结构上,一条规则分为规则名、条件部分、动作部分、优先级(-10 000~10 000之间的任意整数)和备注说明等几个部分。由于 CLIPS 把规则保存在一般文本文件中,因此会带来诸如规则不能检索、维护和实现网络共享等问题,因此,我们使用知识(规则)的数据化表示方法,利用数据库系统实现知识/数据的一体化存储与管理。

FoxPert for FoxPro 的规则库是具有专门结构的 FoxPro 数据库,见表 1,其中规则类名字段是我们为标识求解不同问题的知识而设置的,它可以避免推理过程中调入与问题求解无关的知识而消耗内存资源。

表 1 FoxPert for Foxpro 规则库结构

字段名	中文含义	类型	宽度
PHASEFLAG	规则类名	C	10
RULENAME	规则名	C	50
SALIENCE	优先级	N	6,0
CONDITIONS	条件部分	M	10
ACTIONS	动作部分	M	10
COMMENT	注解	M	10

表 2 FoxPert for Oracle 规则表 rules 的结构

字段名	中文含义	类型	宽度	完整性约束
RBSNAME	规则库名	Char	10	not null
RULENAME	规则名	Char	50	not null
SALIENCE	优先级	Number	6,0	≥0
CONDITIONS	条件部分	Varchar2	1 000	
ACTIONS	动作部分	Varchar2	1 000	
COMMENT	注解	Varchar2	1 000	

FoxPert for Oracle 为每个使用 FoxPert 的 Oracle 用户创建一个 rules 表,用于保存该用户在 FoxPert for FoxPro 情形下各规则库中的规则,不同规则库中的规则用 rbsname 字段标识,见表 2,其中规则类名不再出现了,它的作用实际上已由规则库名所替代。

除规则外,CLIPS 还有另外两个结构:模板和事实块。由于模板和事实块均与规则有着相似的语法结构,我们将其看成特殊的没有动作部分的规则,统一存放于规则库中,并将优先级字段作为这两类结构的标识:优先级字段等于 50 000 的记录为模板,等于 -50 000 的记录为事实块。

3 知识处理 API

知识处理 API 是指我们在 FoxPro 语言中扩充的完成推理运算的一组功能函数,简称是对 FoxPro 推理功能的扩展。它包括事实调度、规则调度、CLIPS 系统功能调用和 CLIPS 内存表(事实表、规则信息表、事实块表和模板表等)监视等功能。

事实调度功能主要是实现数据库中的数据与内存中的 CLIPS 事实的相互转换。由于事实区分为隐含结构信息的非模板类事实和含显式结构信息的模板类事实,因此,事实调度接口函数提供了非模板类事实调入、模板定义、模板类事实调入、事实保存等函数。

规则(包括事实块定义、模板定义)调度是实现规则库(见表 1、表 2)中的规则与内存中的 CLIPS 规则的相互交换。它提供了事实块调入、事实块保存、模板调入、模板保存、规则调入和规则保存等函数。

CLIPS 系统功能调用是一个通用的接口函数 CLPSEXE((expC))。它将 <expC> 中存放的 CLIPS 命令传递给 CLIPS 命令行缓冲区,驱动 CLIPS 系统执行之。

CLIPS 内存表监视功能实现从 FoxPro 环境中获取内存中事实块、模板或规则的名字列表或者事实表中的事实,以利于 FoxPro 应用程序维护 CLIPS 内存表中的事实表、事实块表、模板链表以及规则信息链表。它提供了事实块名获取、事实获取、规则名获取和模板名获取等函数。

4 知识处理构件

知识处理构件是指我们在 FoxPro 语言中扩充的一组进行交互式知识处理的高层 API 函数,即 APP 模块,分为规则处理、事实处理、模板处理和其它功能等几种类型。

规则处理类构件主要包括规则库创建与编辑维护构件、规则调入构件、规则保存构件、CLIPS 内存表中规则的维护构件等。CLIPS 内存表中规则的维护主要用于查看规则及规则内容。

事实处理类构件主要包括事实的静态调度构件、CLIPS 事实表和事实块的维护构件等。对事实表的维护主要包括向 CLIPS 事实表插入和删除事实;事实块维护包括在 CLIPS 内存表中定义事实块、查看并删除事实块。

模板处理类构件主要包括 CLIPS 内存表中模板的维护构件和 CLIPS 事实表中模板类事实的调入构件。模板维护是指根据指定的数据库结构在 CLIPS 内存表中定义模板、查看并删除模板。

其它类型的功能构件包括 CLIPS 初始化构件、事实表复位构件、规则库校验构件、推理执行驱动构件、断点设置构件等。

在智能数据库支持工具 FoxPert 中,知识处理构件是实现智能开发环境的功能部件;在智能应用开发中,集成这些构件可以为知识工程师提供一个良好的通用知识编辑、维护与调试工具。

5 智能开发环境

智能开发环境在内容上是知识处理构件的综合集成,在形式上则是在 FoxPro 系统主菜单中插接的一个菜单项,它和 Windows 上面插接的中文之星汉化软件一样,需要时驱动一下就显示出来,不用时点击退出项就消失掉。

由于 FoxPert for Oracle 以 Oracle 数据库作为后台,所以在它的开发环境中还提供了作为客户机所应具备的基本操作,如数据源的连接与切断、数据源的查询构造,以及关于数据源的 SQL(structured query language)语句编辑功能等。这些功能为用户在 FoxPro 的系统环境中操纵 Oracle 数据库提供了一种方便简洁的环境界面。

6 数据库操作 API

数据库操作 API 是指我们在 CLIPS 语言中扩充的动态访问 FoxPro 数据资源的一组功能函数,简称是对 CLIPS 数据库操作功能的扩展,它包括事实检索与动态调入、数据库内容动态修改、FoxPro 表达式或变量求值,以及 FoxPro

系统功能调用等。

事实检索与动态调入功能实现 CLIPS 推理过程中对 FoxPro 数据库的动态访问,提供有 CLIPS 语法形式的两个 API 函数。

数据库内容动态修改功能,是在 CLIPS 推理过程中,根据事实表的状态,动态地修改 FoxPro 数据库中的数据,或将推理产生的结果保存到 FoxPro 数据库。它也提供有 CLIPS 语法形式的两个 API 函数。

FoxPro 表达式求值功能是一个通用的接口函数(evaluate <FoxPro 表达式>),其中<FoxPro 表达式>可以是内存变量、数组元素或数据库字段,以及三者与常数组成的符合 FoxPro 语法规则的任意表达式。

FoxPro 系统功能调用也是一个通用的接口函数(execute <FoxPro 命令行>),该函数有助于 CLIPS 根据问题求解的中间状态,直接驱动 FoxPro 系统执行相应的数据库操作。

7 结束语

智能数据库支持工具 FoxPert 是一个跨平台、多版本的数据与知识处理的集成化支撑平台。目前,它已成功地应用于军队后勤、国防科技、国家安全和体育运动等多个部门和领域。^[4]实践表明,FoxPert 具有以下显著特点:

(1) 对于 MIS 系统开发者来说,只需通过 FoxPert 开发环境建立规则库,并在 FoxPro 应用程序中使用 FoxPert API 函数调入数据库中的规则、事实、驱动推理执行,便能完成智能问题的求解。因此,FoxPert 便于信息系统进一步实现智能化。

(2) 对于 AI 系统开发者来说,FoxPert 所集成的 CLIPS 语言简洁、灵便、表达能力强,一般用户容易接受。另外,FoxPert 所扩展的 CLIPS 动态访问数据库的功能,方便了 AI 系统对主流数据库技术和现有信息资源的综合利用。因此,使用 FoxPert 开发的智能软件易于达到实用化。

参考文献

- 1 Beynon-Davies Paul. Expert database systems: a gentle introduction. London: McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, 1991
- 2 Stonebraker M. The integration of rule systems and database systems. IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, 1992,4(5):415~423
- 3 吴鹤龄. 专家系统工具 CLIPS 及其应用. 北京:北京理工大学出版社,1991
(Wu He-ling. Expert system tool—CLIPS and it's applications. Beijing: Publication of Beijing Institute of Technology, 1991)
- 4 杨文婷,邓铁清,张守威. 企业效益评估专家系统的设计与实现. 计算机系统应用,1995,(总 61):4~8
(Yang Wen-ting, Deng Tie-qing, Zhang Shou-wei. Design and implementation of an expert system for evaluating of enterprises efficiency. Applications of the Computer Systems, 1995,(total 61):4~8)

Design and Implementation of an Intelligent Database Tool

DENG Tie-qing YANG Wen-ting HE Jiu-tian ZHOU Di-ji

(Institute of Logistics Science Research General Logistics Department Beijing 100071)

Abstract In this paper, an intelligent database tool FoxPert based on popular database systems is presented. This tool implements the seamless connection of FoxPro, Oracle and an expert programming language CLIPS (C language integrated production system) via an enhanced loose-coupling architecture. It is distinct from other available tools in the integrated platform, integrating direction and user interface. It has been used in several departments at present.

Key words Intelligent software, database, system integration, application programming interface, component.