

集成 CAD 系统中工程数据库管理系统的设计与实现^{*}

Design and Realization of an Engineering Database Management System in the Integrated CAD System

李陶深 张龙祥^{**} 刘高嵩^{**} 张学丽^{**}
Li Taoshen Zhang Longxiang Liu Gaosong Zhang Xueli

(广西大学计算机与信息工程学院 南宁市西乡塘路 10 号 530004)

(College of Comp. and Info. Eng., Guangxi Univ., 10 Xixiangtanglu, Nanning, Guangxi, 530004)

摘要 介绍铁路站场 CAD 系统 (WSCADP) 中集成式工程数据库管理系统 (REDBMS) 总体结构、集成数据模型以及数据存储管理的实现技术。

关键词 面向对象 工程数据库管理系统 集成 CAD 系统 集成数据模型 复杂对象

中图法分类号 TP 317

Abstract Based on object-oriented technology, We developed REDBMS system, an integrated engineering database management system of WSCADP system. The REDBMS system integrates relation database and file system, solves the problem of the engineering data storage management in railway station design. The system structure, integrated data model and realization techniques of data storage management for the REDBMS system are described.

Key words object-oriented, engineering database management system, integrated CAD system, integrated data model, complex object

进入 80 年代以来, 计算机辅助设计 (CAD) 的发展非常迅速, 集成化 CAD 系统的研制与开发成为当今计算机集成制造系统 (CIMS) 环境下 CAD 的发展方向。由于集成化 CAD 系统模块众多、结构复杂、数据流量和频率都很高, 需要设计一个性能良好的工程数据库作为信息交流的基础。因此, 工程数据库 (EDB) 技术就成为集成化 CAD 系统最关键技术之一, 它不仅处理集成 CAD 系统中存在的大量原始设计和计算数据, 而且还要处理一些复杂的可结构化数据、图形数据和文本数据。工程数据是一类包含了数值信息、图形信息、文字信息和多媒体信息的复杂的数据对象。为了有效地管理工程数据, 工程数据库管理系统 (EDBMS) 必须具备的功能有: 能处理复杂的数据实体, 即不仅处理记录形式的数据, 而且还要处理表示图形和多媒体的数据; 能够定义抽象数据类型, 描述多对多递归关系,

描述和处理语义约束; 支持数据模式的动态修改; 支持长事务及相应的并发机制; 有效的版本控制管理能力等。

WSCADP 系统是我们研制的一个铁路站场 CAD 系统, 它集设计、计算、报表、绘图等功能于一体, 形成一个完整的集成化 CAD 环境, 基本满足了铁路中间站站场平面设计的需要。集成式工程数据库管理系统 REDBMS 是 WSCADP 系统的重要组成部分, 它实现了关系数据库和文件系统的系统集成, 有效地解决铁路中间站站场设计过程中工程数据管理所涉及的数据描述、操作和存储管理等问题。

1 REDBMS 系统功能和总体结构

1.1 WSCADP 系统的集成环境

WSCADP 是一个支持中间站站场平面设计的全过程单用户系统。在系统的设计实现中, 为满足系统功能的需要, 系统采用软件集成、模块化分层平行结构、数据管理与图形处理一体化的结构, 使之在集成环境下完成基于草图和参数化的设计过程。WSCADP 系统集成图形支撑软件包 AutoCAD、数据库系统 Foxpro、文字编辑工具 WPS 等工具软件和有关站场设计的应用软件, 形成共同为站场设计服

1998-03-11 收稿。

* 铁道部科技司科研项目《铁路区段站、中间站 CAD 系统》资助。

** 长沙铁道学院计算机科学系 (Department of Computer Science,

Changsha Railway University, Changsha Hunan, 410075)

务的集成化CAD环境。一个中间站的新站设计和既有站改造设计都可在WSCADP环境内完成。

在系统集成的环境下，各集成模块在运行过程中产生了大量的数据文件，同时各集成模块也需要进行大量的信息交换。这里就涉及到一个对设计过程中所包含的工程信息进行转换和管理的问题，WSCADP系统是通过一个工程数据库管理系统REDBMS来实现对设计信息的管理。

WSCADP系统的集成环境如图1所示。

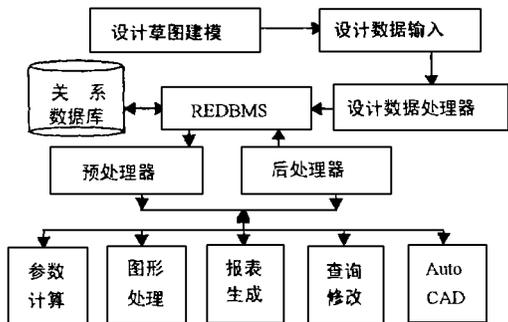


图1 WSCADP系统的基本集成结构

Fig. 1 Basic integrated structure of the WSCADP system

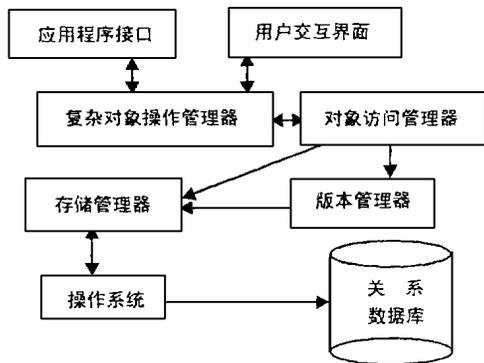


图2 REDBMS的总体结构

Fig. 2 Overall architecture of the REDBMS

其中，设计草图建模是设计人员用系统提供的草图设计功能勾画出所设计站场的大致布置图，由此初步建立该站场的基本模型，初步实现把图纸形状信息与设计的详细数值信息分离开来；设计输入模块用于输入设计数据，并产生相应的数据文件；设计数据处理器对站场草图进行分析和目标识别，自动从用户给出的设计草图中提取有用的参数化设计信息和图纸的几何信息，创建相应的数据库，并对建模后产生的数据文件进行处理，将相应的数据加载到数据库中；预处理器用于对数据库信息进行查询和提取，为站场设计的各应用程序提取所需要的数据；后处理器对站场设计中的参数设计、图形处理等功能模块产生的多个数据文件进行处理，将设计计算结果和设计图形数据加载到数据库中。

1.2 REDBMS的总体结构

众所周知，铁路遍布全国各地。由于我国地域辽阔，各地地理条件不同，造成了铁路中间站场站型多种多样、情况复杂，因此铁路中间站场平面设计所涉及到的设计信息具有多变性、不定型性和灵活性。在研制WSCADP系统过程中，我们分析了铁路站场设计的需要，认为传统的关系数据库管理系统(DBMS)不能满足工程环境中数据表达的要求，不适合于支持整个工程设计全过程，且存取效率低影响了系统的设计效率。结合当前计算机技术的发展趋势，我们认为采用面向对象的信息描述手段和处理技术是比较适合的，因为它可以克服关系数据模型在站场设计应用中的固有缺陷。

REDBMS的总体结构见图2所示。它主要由复杂对象操作管理器、对象访问管理器、版本管理器、存储管理等部分组成。复杂对象操作管理器用于对系统中整个复杂对象或其中一部分进行集束、插入、删除、查询、修改等操作；对象访问管理器主要控制设计对象在对象缓冲区与页面缓冲区之间数据的形式转换，实现对象信息在内存的组织与管理；版本管理器用于实现设计过程中用户要求保留的历史信息；存储管理器是一个专门负责对象存储管理的子系统，主要实现对象在虚拟存储和物理存储这两个层次的存储管理，解决系统涉及的工程数据的存储效率问题，它的内容包括缓冲区管理、帧存储管理、数据字典、页面映射与交换等。

2 REDBMS系统数据模型集成的基本思想

如前所述，WSCADP系统采用的数据模型是面向对象的集成数据模型，并利用语义上下文和源标签的概念对面向对象的数据模型进行了扩充。这样，不仅有利于工程数据的集成和交换，而且可满足复杂数据的集成。其次，通过所定义的数据间继承和聚集关联语义，基本上可以集成关系数据库和文件系统的数据库信息，增强了对设计数据的描述能力。下面以图形对象的数据描述为例，说明REDBMS系统的集成数据模型的基本思想。

在工程设计中要涉及到大量的图形数据对象，如设计和绘制图形、查询图形、对图形进行缩放、移动、旋转等操作。为了在系统中实现图形数据库与关系数据库的紧密联系，并且提供方便的绘图和操作图形的手段，我们采取了以下做法：

(1) 在描述图形的信息时，我们把图形的信息分为原子图形和复合图形，运用面向对象的思想定义图形类，把图形和对图形的操作封装在一起。每个图形

类分为图形描述和图形操作两部分，其中图形操作包括了显示、缩放、移动、旋转、查询、修改等功能。对于原子图形，其图形描述部分是描述该图形几何信息的一组特征参数；对于复合图形，其图形描述部分则是一组组成该图形的原子对象或复合对象。图形类的每一个实例描述了一个图形对象。通过对图形对象发消息，实现对图形的操作。当用户定义了一个含有图形属性的类时，继承图形类就能继承图形的操作。

(2) 对站场的设计图形信息采用了统一的面向对象数据模型来描述，使得 WSCADP 系统集成的各软件工具所涉及的有关图形的操作和存取都是基于这一模型进行集成。

(3) 针对 WSCADP 系统所集成的工具大多是用文件来存储信息，且文件系统并不支持面向对象的数据模型的情况，专门设置了相应的映射机构，用于解决文件系统的集成问题，实现从文件系统的文件格式向面向对象数据模型的转换。例如 AutoCAD 系统是用 DXF 文件和 DWG 文件作为其常用图形数据文件，我们分析了 DXF 文件结构和 DWG 文件结构，专门设计一些操作映射，提取 DXF 文件或 DWG 文件中的一些原始操作和图形数据，定义 AutoCAD 与 CAD 系统不同数据模式间操作的映射。映射的结果要经处理后加载到数据库系统中。

3 工程数据存储管理和用户接口的实现

3.1 工程设计对象的存储组织

工程数据库存储管理的特点是：工程数据量大，同时需要频繁访问存储空间；数据存取关系复杂，存取的形式多样化；随机和顺序操作并存，定长记录与变长记录并存；数据修改频繁，时间性和动态性强。因此，工程设计对象的存储结构与一般的数据对象有所不同。

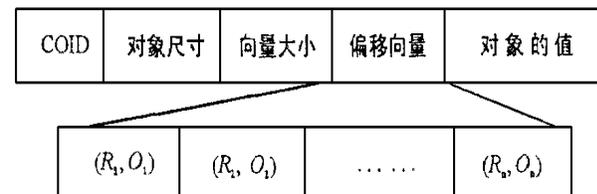


图 3 工程设计对象的存储模式

Fig. 3 Storage model of the engineering design object

图 3 给出在 REDBMS 系统中用于描述工程设计对象的存储形式。其中，COID 是对象的全局唯一标识符；对象尺寸说明对象所占的页面数；向量大小表示偏移向量对的数量；在偏移向量对 (R_i, O_i) 中， R_i 是该对象拥有的且被指定了值的某记录项的标识符， O_i 是 R_i 的值距对象值部分起始地址的偏移量。

3.2 复杂对象存储管理策略

在 REDBMS 系统中，复杂对象存储管理策略概述如下：

(1) 把对象分组集束成一序列，并以一个变长的记录项存放在若干帧内，其中每一帧由若干定长的页面组成，每个记录可跨越几个页面。

(2) 存盘时，把该对象内部的存储指针转换成相应变长记录组首址的偏移；读盘时，则把该偏移转换成存储指针；对象外存形式与内存形式的转换在 I/O 时具体完成。

(3) 为便于管理复杂对象，我们为每个复杂对象配置一个对象控制块 OCB。这是一个描述对象标识、语义、方法名、修改状态、存储地址、版本信息、指向对象具体内容的指针、一致性控制等有关信息的数据结构，通过它可以访问复杂对象的内容和管理对象。

(4) 为描述驻留在内存的复杂对象的活动情况，系统配置一个对象活动表 COAT。每个 COAT 表项有两部分：一是该对象的唯一标识符 COID，二是指向该对象的指针。COAT 表的设置加快了访问对象的速度，因为对于已在内存的对象，可以通过其 COAT 表项中的指针直接访问该对象。为了加快 COAT 表的查表速度，系统建立了一个相应的 HASH 索引表。

3.3 系统缓冲区管理

系统缓冲区由对象缓冲区和页面缓冲区组成。页面缓冲区管理程序是按传统的数据库管理系统的缓冲区管理技术来管理页面缓冲区，即页面缓冲区是由一组大小相同的页面组成的缓冲池，当进行 I/O 操作时，数据直接在页面和外存存储块中传递。所不同的是我们采用了一种新的页面替换策略 (GWSLOCK) 来管理页面缓冲池，该策略是我们在系统实现过程中实现的一个基于工程设计对象以及页面引用历史的缓冲区页面替换策略，它把工作集模型的思想与 CLOCK 页面替换策略有机地结合起来，其性能与 LRU 策略非常接近。

对象缓冲区管理程序则负责对象缓冲区、对象控制块表和对象活动表的管理。接到对某一对象发出的操作消息后，管理程序根据传送过来的对象标识符 COID，首先查 COAT 表，看对象是否在对象缓冲区，如果在就直接返回指向该对象 OCB 的指针，否则调存储管理器，查看 OCB 表，找出该对象在磁盘的物理地址，由此取出该对象所在的帧，然后把该对象转换成内存形式，最后通过对象缓冲区管理程序把它放入对象缓冲区，并返回指向该对象的指针。

对象在缓冲区的频繁换入换出, 不可避免地会出现一些存储碎片和无用的对象。为此, 系统存储管理器设置了一个回收模块, 定期回收一些暂时不用的缓冲区空间和 COAT 表项。回收算法采用 LRU 算法。

3.4 用户接口

用户接口是为工程设计应用软件提供的一套接口函数, 供应用程序建立、查询、修改数据库时调用。在 REDBMS 系统中, 配置了一套简洁方便、功能比较齐全的用户接口, 其功能有: (1) 设计的打开、初始化、删除、关闭; (2) 设计版本的创建、打开、删除; (3) 表结构的建立、初始化、删除及查询下一级子表; (4) 以常数、内存变量为操作对象的 I/O 操作。包括增加一条记录中的数据、替换一条记录中的数据、替换全部记录中的数据、条件替换一条记录中的数据、条件替换所有记录中的数据、读一条记录的数据等; (5) 以结构为操作对象的 I/O 操作。增加一个结构数组、替换一个结构数组、条件替换一个结构数组、读数据到一个结构数组中等; (6) 以数组为操作对象的 I/O 操作。增加一个数组、替换一个数组、条件替换一个数组、读数据到一个数组中等; (7) 数据记录的插入、查询、删除、恢复和压缩; (8) 统计、计算; (9) 库文件结构的查询; (10) 索引文件的建立、查询和释放。

4 结语

我们运用集成技术和面向对象方法, 在一个统一的集成 CAD 环境下开发了一个集成式工程数据库管理系统 REDBMS。该系统有效地解决了铁路中间

站站场设计过程中工程数据的描述、操作和存储管理等问题, 有力地支持了 WSCADP 系统的集成。WSCADP 系统投入实际应用后, 实践也表明 REDBMS 系统的集成方法和存储管理是非常有效的, 满足了站场设计对工程数据存储管理的需要, 其性能完全符合设计要求。

参考文献

- 1 李陶深, 张龙祥. 工程数据库中复杂对象的存储管理. 长沙铁道学院学报, 1991, 9 (1): 21~28.
- 2 寿宇澄, 何志均, 董金祥. OSCAR II: 面向对象的工程数据库管理系统. 计算机辅助设计与图形学学报, 1994, 6 (2): 143~150.
- 3 俞勇, 魏国臣, 黄上腾. 基于面向对象工程数据库的 CAD/CAPP 系统的集成. 计算机工程, 1996, 22 (3): 32~36.
- 4 吴弘静, 林中尧, 刘大昕. 面向对象的工程数据库模型. 小型微型计算机系统, 1996, 17 (3): 22~25.
- 5 张龙祥, 李陶深, 张学丽. 微机 CAD 系统实用开发技术. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1994. 12.
- 6 顾宁, 林宗楷, 郭玉钗. EDBMS/3: 一个微机环境下的工程数据库管理系统. 计算机辅助设计与图形学学报, 1995, 7 (3): 213~219.
- 7 蔡青, 高光焘. CAD/CAM 系统的可视化、集成化、智能化、网络化. 西安: 西北工业大学出版社, 1996. 11.
- 8 李韶原, 罗晓沛. 数据库技术新进展. 北京: 清华大学出版社, 1997. 5.
- 9 Dittrich W. On object-oriented database systems, Springer-Verlay, 1991.
- 10 Selinger P.G. Prediction and challenges for database systems in the years 2000. In: Proc of the 19th VLDB Conference, 1993. 667~675. (责任编辑: 黎贞崇)

(上接第 196 页 Continue from page 196)

致谢

本文得到了广西师范大学张师超教授的热心关心和指导, 在此表示衷心的感谢!

参考文献

- 1 何新贵. 知识处理与专家系统. 北京: 国防工业出版社, 1990. 9.
- 2 张师超, 严小卫, 王成名等. 不确定性推理技术. 桂林: 广西师范大学出版社, 1996.

- 3 石纯一, 黄昌宁, 王家等. 人工智能原理. 北京: 清华大学出版社, 1993.
- 4 Chen S et al.. An inexact reasoning algorithm based on fuzzy rule matrix transformation. J of Automated Reasoning, 1992. 8.
- 5 Smith E, Langston C, Niobett R. The case for rules in reasoning. Cognitive Science, 1992. 16: 295~355.
- 6 Zadeh L. Calculus of fuzzy restriction, fuzzy: Sets and Their Application to Cognitive Decision Processes New York: Academic Press, 1995.
- 7 Barletta R. An introduction to case-based reasoning, AI-expert, 1991, 8: 43~49.

(责任编辑: 黎贞崇)