

多媒体智能数据库系统 MIDS/BUAA 的总体设计^{*}

车敦仁 麦中凡

(北京航空航天大学计算机系 北京 100083)

摘要 The proposition of IDB idea indicates that the human information processing has been coming to a new era. In computer science, five kinds of important software technologies, Object-orientation, Database, AI, Hypertext/Hypermedia, Text management and Information retrieval, which have been growing ripe, have been uniformly integrated in IDB. Among them, OO, AI and DB technologies are three pillars of IDB. In this paper, the MIDS data modeling philosophy is expounded firstly, and then the designing background and motive of MIDS/BUAA, and its kernel data model, its system function composition and its client/server architecture are introduced, respectively.

关键词 Database, Intelligent database, Object-orientation, Multimedia, Hypermedia, Knowledge representation, Inference.

1. 引言

近二十年内,传统数据库(特别是 RDB)技术获得了极大发展和广泛应用。但是,自八十年代以来,随着硬件造价的持续下降,人们对数据库提出了更多和更高的需求,促使 RDB 的缺陷尽快暴露出来:一是所谓“阻抗失配(impedance mismatch)”,二是所支持的数据模型化和语义极不丰富,模型化能力(modeling capability)非常有限,不能适应 CAD/CAM, AI, OIS 和 CIMS 这些非常规应用的迫切需要。此外,人们总是希望数据库能够以自然的方式管理信息,使信息易于存储、存取和使用,即显示出智能^[1]。于是,数据库技术便获得了来自各种不同途径的深入研究和发

展,软件工程、网络技术、AI、Hypermedia 和 OO 技术等被引入到数据库之中。诸如可扩展数据库(EDB)、超正文数据库(Hypertext DB)、分布式数据库(DDb)、演绎数据库(DDb)、联邦数据库(Federal DB)、主动数据库(ADB)、专家数据库(Expert DB)、空间数据

库(Spatial DB)、面向对象数据库(OODB)和知识库系统(KBS)等出现在数据库领域的地平线上。OOP 风范除了其映射客观的自然性及其模型的丰富性外,还天然地与软件工程实践中的一系列成功原则、局部化/模块化、抽象和隐藏、及代码复用等相吻合。因而,不仅 OO 软件开发方法(OOA, OOD, OOI)在软件工程领域引发了极广泛的兴趣,而且 OODB 也成为新一代数据库研究中的主流方向。

在八十年代后期,除 OO 和 DB 技术外,另外三种重要的软件技术:专家系统,Hyper-text/Hypermedia,和正文数据库与联机信息检索技术趋于成熟。对象模型因其较强的模型能力和丰富语义,遂成为能够协调这五种重要软件技术的唯一后选者,并使之集成为一个有机整体——智能数据库(IDB)。

IDB 的本质特征是^[1]:(1)使用容易和自然,(2)能以无缝(seamless)和透明的方式处理海量信息,(3)允许人们从各种信息管理的

^{*} MIDS/BUAA 分别是“多介质智能数据库系统”和“北京航空航天大学”的英文缩写,文中有时简称为 MIDS。车敦仁 博士生,目前主要从事多媒体智能数据库系统的研究与开发工作。麦中凡 教授。

工具集中选用一个最适宜的工具子集完成其任务。

IDB 的智能表现为三个层次:i. 高级工具的智能;ii. 用户接口级的智能;iii. 底层数据库机的智能。

我们相信, IDB 代表着信息处理领域中最长足的成就和灿烂前景, 并将成为软件工程、DB 技术、多媒体 (Hypertext/Hypermedia) 技术、OO 技术、正文处理和联机信息检索、AI 等多种重要软件技术研究的会聚点。

我们研究和开发多媒体智能数据库系统 MIDS/BUAA 具有下列四个目的:

(1) 克服传统数据库应用中无法回避的语义断层和阻抗失配问题;

(2) 挖掘更强大的数据模型化能力;

(3) 使数据库更好用, 更“聪明”(Intelligent/Active);

(4) 又比一般知识系统具有更强的信息处理能力 (多媒体信息, 海量正文)。

MIDS 可被定义成是这样一个系统: 1) 它首先是一个数据库管理系统 (DBMS)^[3]; 2) 又是一个面向对象系统 (OOS)^[3]; 3) 也是一个智能系统 (或 KBS), 即能够支持知识处理和 (规则) 推理。

OO 技术是 IDB 中的核心技术, OO 模型具有极丰富的语义, 因而为支持多介质信息处理提供了巨大潜力。从这个意义来讲, MIDS 也是一个多介质信息系统。

MIDS/BUAA 研究与开发的可行性的依据是, 对象模型的丰富性和对象与框架的一致性, 从而使对象、框架和规则成为一个统一的模型——即 MIDS 对象模型。

2. 数据模型化

2.1 MIDS 的哲学

面向对象开发方法学 OOM 正在逐渐获得其在软件工程中的主导地位。OO 是 MIDS 系统的首要特征, MIDS 系统本身的开发理所当然地采用 OOM。OOM 的核心就是要紧紧地抓住模型化世界中的对象。

世界到底由什么组成? 在数据模型化中, 至少存在下列两种哲学^[4]: 仅由对象组成; 或由对象及其间的关系组成。在第一种观点下, 对象之间的相关性只能通过 (广义的) 引用或指针来表示 (图 1 左)。在第二种观点下, 则需要另一个与对象概念平行的专门概念, 即关系概念 (见图 1 右)。

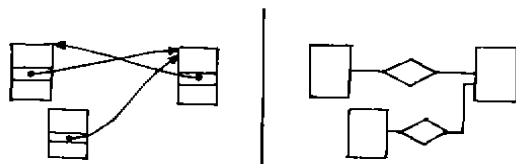


图 1 “对象”与“对象和关系”

显然, 这两种哲学的本质差别在于, 对象之间的关系是否也是对象, 或者, 模型化世界中的对象是否能够模型现实世界中实体之间的各种关系。

第一种哲学有一系列优点。首先, 它的单一的模型概念, 即对象, 可为数据模型化带来极大程度的简单性和统一性, 一切皆对象, 别无它物。其次, 基于“纯”对象概念的系统易于获得开放性、可扩展性和反射性 (reflectivity)。

这些优点是如此诱人, 以致于许多研究工作致力于探索新一代知识/数据库系统的开放和可扩展体系结构。KOMS^[5]便是这样一个系统, 它基于一个可扩展核心对象模型 XKOM, 可借助于“Association”元类, 生成系统内在的“Generalization”类和“Aggregation”类。在 KOMS 中, OO 风范中的两大重要机制, 概括和聚集不再是系统预定义的, 而是可由元类“Association”按需要生成, KOMS 如此获得了它的开放性和可扩展性。

“纯”对象哲学的一个严重缺陷是系统实现缺少方便性和灵活性, “纯”对象系统在实现中有时会陷入作茧自缚的困境, Smalltalk-80 就是一例, 其中“object”类, “class”类和“meta class”类之间混乱的逻辑关系时常遭受攻击。“纯”对象系统的另一个问题是系统性

能难令人满意。

事实上,所谓的纯对象系统是不存在的,即便是在最为经典的面向对象系统 Smalltalk-80 中,继承关系、实例关系、聚集关系、通讯关系,均是对象概念平行的概念,Smalltalk 并未将它们都当作对象。

严格而言,MIDS 的哲学不属于以上两种数据模型化哲学中的任何一个,而是它们之间的一种折衷,旨在取二者之长,避其之短。在 MIDS 中,所有关系被划分成两个范畴:四种基本的对象关系^[6]IKO, IIO, IPO 和 MS 关系属于第一范畴,它们是系统的内定义关系机制;对象间的广义引用关系属于 IPO 的一种;除此之外,我们将采用(用户介入)专门定义的“关系”对象去模型化那些第一范畴不能或不便模型化的关系,并把作为对象的关系称为第二范畴的关系,它们是“relationship”类的实例。“relationship”类和普通的对象类无本质区别。

2.2 MIDS 的对象数据模型化概述

当代人工智能离不开知识和推理,而推理又多是基于规则的推理,框架表示是多种知识表示法中较通用和重要的一种。因此,MIDS 设计中的第一个核心问题是寻求能够将对象、框架和规则进行统一的数据模型。统一的可行性表现在:首先,对象模型和框架模型具有本质上的相似性^[1];其次,把规则作为对象(而不宜作为方法^[7])已为诸多系统^[8]所论证,并且 HiPAC^[9]主动数据库中提出的 ECA 规则对象模型是目前较好的一个,也是 MIDS 规则对象模型借鉴的主要蓝本之一。

1) 一个 MIDS 对象是一个可以标识实体的模型,有状态,主动或被动。主动意味着行为主体,被动意味着行为受体。

每个 MIDS 对象具有四元素:(1)一个全局唯一性标识符 UID;(2)一组属性(状态特性),并且每个属性可支持多个侧面:值侧面,缺省值侧面,If-Needed 和 If-Added 侧面等。(3)一组方法(亦称操作或服务),反映对象的行为特性;(4)一组约束,用以限定对象

的合法状态。

只有持久对象才具有 UID,并且持久对象的 UID 是在该对象第一次入库时由 MIDS 的 SMS 模块^[8]赋予的。

MIDS 支持三种基本的对象构造子: Tuple, List 和 Set,对于绝大多数应用是完备的。

2) MIDS 支持严格的正交持久性^[13],由下列四条规则^[11]保证:(1)外延规则,(2)命名规则,(3)可达性规则,(4)挥发规则。值的持久性依赖于其宿主对象^[11]的持久性。

3) 库模式的作用在于定义持久对象(的模式),MIDS 库模式又与其持久性策略休戚相关,由下列三部分组成^[2,11]:(1)所有的数据库类 DBClass;(2)所有数据库类的所有成分类/型(Component Class/Type);(3)一个持久性名字表 GNT(Global Name Table),维护着所有的持久性根(persistence root)^[14]。

MIDS 对象模型的特点可概括如下:

- OO:支持 OO 风范的各种基本机制,如对象、类、继承,多态性和消息发送;具有较强的对象模型能力,特别是对多媒体信息的强有力支持;
- 基于代理者(Surrogate)的对象标识;
- 支持值:MIDS 对值概念有自己独特的理解和支持;
- 强类型的;
- 对象、框架和规则相统一的对象数据模型;
- 智能的:支持知识的表示和处理,以及基于规则的推理;
- 主动的:规则与触发器统一,支持触发机制。

3. MIDS 系统的体系结构

3.1 接口设计

最终用户与 MIDS 系统间有两种不同的接口,即通过高层工具与之接口,和通过语言与系统接口。

尽管基于窗口的用户友好的图形化接口(甚或多介质接口)已成为当今软件接口设计的时尚(MIDS 亦不例外),但语言接口仍然

是任何一个软件系统的基本接口,是构成图形化接口的基础。

由于 MIDS 的面向对象特色,对象模型具有的丰富语义,数据库程序设计语言 DB-PL^[10]和持久性程序设计语言 PPL^[10]在 MIDS 中走向了统一^[12],MIDS 中将之称为 P++ 语言,它是用户和 MIDS 系统间最基本的接口。P++ 的基础是 C++,P++ 受 O++^[13]的启示,对 C++ 进行了下列基本扩充^[13]:对象模式描述,持久性,版本,迭代,递归查询,约束与触发器,和框架知识表示。

为了扩充对象(库)模式描述,我们在 C++ 的类/类型子系统的基础上专门设计了对象定义语言 ODL,为了扩充查询功能,我们首先扩充了迭代子,然后设计了专门的对象查询语言 OQL,并且将 ODL 和 OQL 都设计成 P++ 的可分离的语言子集,从而获得了模式描述与库操作的统一,ODL, OQL 和 PL 的统一,DBPL 和 PPL 的同一。使用 P++ 进行应用开发,不再产生任何语义断层和阻抗失配。

3.2 MIDS 的功能组成

MIDS 的功能组成和模块划分与 O₂^[14] 系统有相似之处,全系统由八大功能模块组成^[2](图 2)。

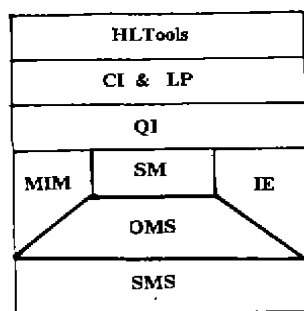


图 2 MIDS 的功能组成

3.2.1 高层工具 HLTtools 模块 文 [1] 把智能数据库的智能定义为三个层次,MIDS 的 HLTtools 将是其高层智能的具体体现者,同时 HLTtools 也是 MIDS 支持的一个面向对

象开发环境(如 O₂ 的 OOPE)。在实现上 HLTtools 依赖于 MIDS 的底层核心模块,特别是 OMS 模块。

MIDS 开发方法的一个鲜明特色就是“自举式”开发,只要最底层核心模块一经实现,每个上层模块就好像是被当作其下层诸模块的一个应用被开发出来,这样自底向上,逐层开发,层层展开,就表现出一种“自举”性。比如,我们首先通过 OMS 模块中的 OM 子模块实现对象管理的基本功能,然后坚持 OO 风范,将事务作为对象开发出事务管理子系统 TMS;将各种存储空间当作对象开发出存储子系统 SMS;将各种模式信息当作对象开发出模式管理器 SM;将每个查询当作对象开发出查询(优化和)解释器 QI; HLTtools 亦不例外,它将被当作其下层诸模块的第一个应用被开发出来。

需要指出的是,HLTtools 是一个开式系统,作为 MIDS 的基本配置之一,它最初仅包括少量的一些基本工具,如库模式浏览与编辑器,对象的查询、浏览与编辑器,以及系统生成与资源管理和用户授权等基本工具。

除此以外,有待对 HLTtools 进行扩充的高级工具还包括:

- Debugger
- 数据格式管理工具
- 知识发现工具
- (对象)数据表示与显示工具
- 完整性维护工具
- 决策支持工具
- Hypermedia 管理工具
- 智能系统设计工具,等。

3.2.2 命令解释与语言处理 CI&LP 模块

- ODL 和 OQL 命令解释器^[12]
- P++ 预处理器

3.2.3 查询优化与解释器 QI 模块 利用下层 OMS 和 SM 提供的支持(如索引信息)对各种查询进行优化和解释。

3.2.4 模式管理器 SM 模块 模式管理的基本任务^[15]是:(1)模式定义的实现;(2)模式演进;(3)模式维护(包括一致性维护和完整性维护);(4)按库模式中规定的语义要求(关联、约束等)对每次库操作进行强制性检查。

模式管理的对象是与模式有关的各种信

息, 比如: GNT, Class-defining objects, Type-defining objects, Method defining objects, 等。它们分别是下列元类 (MIDS 称之为 SchemaClass^[15]) 的实例: “Class” 类、“Type” 类、“Method” 类、“HashTable” 类等。

此外, 模式类中尚包括 “Attribute” 类、“Application” 类、“Program” 类等。

3.2.5 对象管理子系统 OMS 模块
OMS^[2,15] (图 3) 是 MIDS 的系统核心, 由下列五个子模块组成:

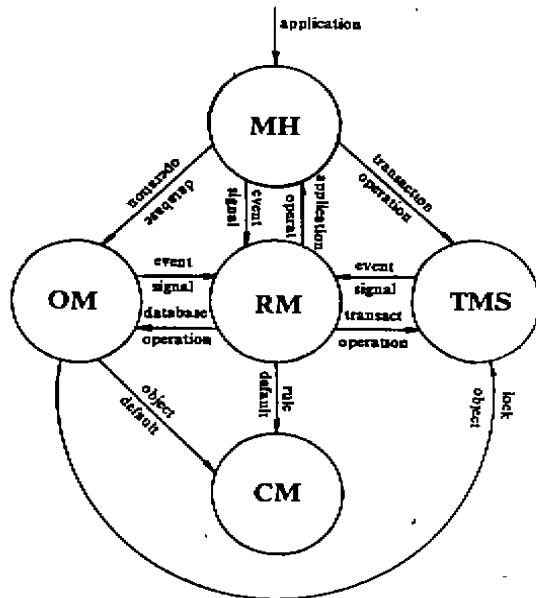


图 3 对象管理子系统 OMS

1) MH (Message Handler)

接收所有动态发送到 MIDS 的消息并处理之, 或指派其它对象配合处理。实际上 MH 完全是一个概念性模块, 其动态消息处理能力已隐含在 P++ 的预处理和 C++ 编译之中, 即通过对虚函数的应用反映为 C++ 语言本身的多态性。

2) OM (Object Manager)

OM 旨在实现最基本的对象操作和管理 (详见^[15]) 如: (1) 对象创建与删除; (2) 按名检索对象 (通过 GNT 对象作为入口); (3) 支持三种形式的对象构造子: Set, List 和 Tu-

ple; (4) 版本模型的实现; (5) 实现下列预定义方法 (定义在类 “Object” 和 “DBClass” 之中): object-displaying, object-editing, object-identical, shallow-equal, deep-equal; (6) 实现 Aggregate 表达式上的迭代子; (7) 检测数据库操作原始事件; (8) “外延” 持久性的实现; (9) 多介质对象的管理。

3) RM (Rule Manager)

每个 Rule 对象除接受 OM 行使的各种管理外, 同时还接受 RM 的下述操作: 事件匹配、规则点火、规则失能 (disabling), 规则赋能 (enabling) 等。

4) TMS (Transaction Management Subsystem)

TMS 主要利用 Locking 和 Logging 技术协调各应用对持久对象的并发访问, 以及在发生异常时恢复系统。

5) CM (Communication Manager)

负责打开, 关闭和控制 Client 与 Server 之间的连接, 以及在其间接收和传输消息。

3.2.6 MIM (Multimedia Information Manager) 模块 基于 OMS 对 Bitmap 和 Text 类对象的支持, 参照 Motif 标准, 为 HLTools 之需要提供一些基本服务。

3.2.7 IE (Inference Engine) 模块 基于 RM, 实现规则的前向、后向和非精确推理 (详述从略)。

3.2.8 SMS (Storage Management Subsystem) 模块 SMS 采用了一种全新的存储管理策略, 即基于虚存空间的单一级存储 (Single-level store^[17]) 策略。它支持对象的一体化管理, 可与 Bubba^[17] 方法相媲美。由于 SMS 的单一级存储是基于虚存的, 因而能够超越 Bubba 方法的局限^[17]; 数据库规模受操作系统虚存空间大小的限制。受篇幅所限, 本文对 SMS 的结构不做更详细的介绍。

3.3 MIDS 的 Client/Server 体系结构

MIDS 在体系结构设计上采用流行的 Client/Server 体系结构 (图 4)。MIDS 的 Client/Server 体系结构具有下列特点:

36-43 MIDS/BUAA 的对象数据模型及其特征

车敦仁 麦中凡

(北京航空航天大学计算机系 北京 100083)

摘要 The main characteristics of MIDS data model are 1) frame, rule and object are unified smoothly, 2) the most distinguishing feature of it is OO, 3) value-supported and strong type supported. This paper summarizes the MIDS data modeling philosophy, MIDS object model and its characteristics, and especially stresses and discusses the values and rule objects of MIDS in detail.

关键词 Data model, Multimedia, Object, Frame, Rule, Trigger, OO, Value, IDB.

1. 引言

尽管 OOP 风范站在软件开发方法学的高度几乎从形式上将“程序=数据结构+算法”这个经典模型予以摒弃,但是数据模型设计仍然是进行任何一个计算机系统(软件、硬件和应用)设计时无法回避的一个首要问题。面向对象开发(OOA, OOD)的本质是分析和发现问题域中的对象原型,设计与实现

解空间(模型化世界)中的对象模型。

我们在进行 MIDS/BUAA 多媒体智能数据库系统的设计时,同样也把对对象数据模型的确认和设计当成首要任务去进行。所以详细论述 MIDS 的对象数据模型是本文的中心议题。

2. MIDS 对象数据模型概述

2.1 MIDS 数据模型的哲学

- MIDS 服务器是一个页服务器 (Page-server^[14])。
- 提供一个单一的全局服务器进程

(Single global server process^[2])。

- 多个客户进程 (Client process) 可在网络中随意分布。

4. 结束语

我们在着手 MIDS 的设计之前,分析和解剖了许多著名的同类系统,如 O₂^[14], ORION^[16], ODE^[13], Vbase, HiPAC, Bubba, Object-store^[18]等, MIDS 之设计充分借鉴了各家之长,同时有自己的一系列鲜明特点。MIDS 的数据模型的最大特征是对象、框架和规则高度统一; MIDS 系统的开发方法的特点是面向对象和“自举式^[11]”; MIDS 体系结构^[2]的特征是:页服务器,全局的单服务器进程,分布的多客户进程; MIDS 存储结构^[8]的特点是:单级存储,虚存之上的虚存 (Virtual over virtual memory) 和一体化对象管理^[17]。

(参考文献共 18 篇略)

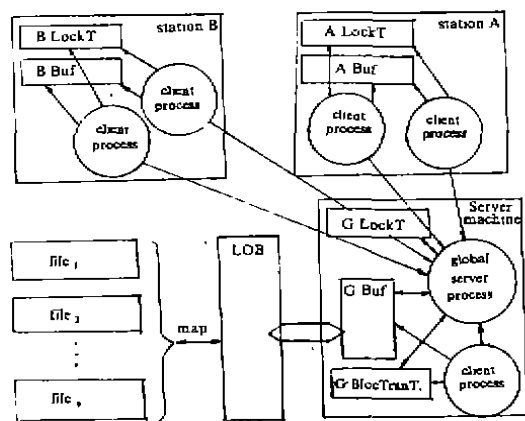


图 4 MIDS 的 Client/Server 体系结构