

信息系统面向对象需求分析

蔡希尧 陈通照 (西安电子科技大学)

摘 要

After briefly describing the basic concepts about object-oriented requirement analysis, we present a new analysis technique for information systems in this paper. Using traditional techniques of ERD, STD and DFD to elicit the basic concepts from application domain and applying the conceptual graph theory to establish conceptual graphs, conceptual hierarchies and relationship hierarchies make the analysis process formaller and it easier to check the consistency of requirements and to translate an unformal model to formal model of the requirements.

一、引言

确定正确而完整的需求对于大型信息系统的成功开发是至关重要的。随着用户需求越来越广泛,越来越难于确定,人们已认识到,需要一个合适的过程来描述系统的开发任务,需要一种恰当的形式来表示用户需求。

对信息系统的需求分析,有三个主要问题:1)什么是需求?;2)如何描述需求?;3)如何得到需求?

系统需求是系统必须满足或具有的一组精确描述的特性或限制。需求应确定问题解空间。解空间的边界是由这些限制及特性所确定,这些限制和特性又用来测试所产生的解的有效性。因此,需求说明应包括:

- 系统的功能说明,即系统要实现的功能;
- 系统的范围、限制及规划,即对系统边界的描述;
- 系统动态特性的描述;
- 量度及测试条件,确定一有机的测试过程以验证系统行为的合理性。

相应地,需求所要描述的内容应包括:系统的行为、输入和输出、数据定义及处理

要求。而描述的形式通常含目标系统的功能模型、过程模型,定义模型中各元素的数据字典,系统的性能及其测试说明。为了获得正确、无二义性的需求说明,必须对获得需求的过程进行研究。这通常是:

- 开发对象系统的功能模型;
- 开发对象系统的过程模型;
- 确定模型的各个部件;
- 确定性能和测试条件。

各种传统的需求分析方法通常注重系统需求的某一个方面。比方,信息模型着重描述应用的数据特性,行为模型则着重研究应用的实时特性,而过程模型主要对应用的计算特性进行分析^[1]。面向对象系统分析(OOA)则将信息、过程及行为模型进行有机综合,形成一种综合统一的分析方法^[2]。OOA方法与传统的系统分析方法不同,它所分析的基本单位是对象类,其分解过程是根据各对象所实现的及要求别的对象实现的操作来进行的,它的数据是局部的,并与其相关的操作过程封装在一起,因此,从本质上能对并行处理系统进行很好的描述,也能适应需求不断修改的应用,修改的影响是局部的。

目前针对不同具体应用提出了各种方法, 尽管这些方法所采用的具体技术不同, 但其基本步骤大体相同:

- 利用信息模型识别问题领域的概念实体, 重点是描述对象之间的关系。
- 利用状态模型来描述对象及关系的生命周期。
- 利用过程模型来描述对象或关系的处理过程。
- 描述系统的边界及需求定义。

这些方法使用信息模型、状态模型及过程模型来抽取应用域的实体, 利用数据字典来定义、记录这些实体, 最终产生需求说明。

近年来, 人们已经认识到, 信息系统开发中, 初始需求描述与其最终实现间差别太大, 用这种非形式的方法进行需求分析已不大可能支持大系统的开发。需要一种自动机制来将非形式描述转换成形式描述, 才更有助于其后的设计。

对于大型信息系统, 由于用户的需求描述通常是模糊的、二义的、甚至有矛盾, 分析师的推理过程应该得到更多的支持。通常, 分析师在进行分析时, 要进行类比, 形成假设, 验证假设等, 这就需要应用领域知识。因此, 现代分析方法应存储和利用分析师及用户所具有的有关应用领域的知识, 如系统的环境知识, 机构的有关政策, 进行决策的有关策略、方针、限制、用户对未来系统的设想、想法、认识、期望、偏向等。还要能组织分析师的分析经验。一般, 分析师对所研究的事务过程有一定的了解, 对于系统的创建, 各类信息系统也有许多共同的基本原则、方法, 这些经验对分析过程是极其有用的。

除了建模技术, 即将实际世界中各种现象映射成需求说明语言的概念之外, 需求分析的另一方面就是应提供各种技术, 辅助分析师与最终用户的通讯, 这是对需求说明进

行验证所不可缺少的。

当前一些技术, 如ERD, STD, DFD等对用户理解需求表示是方便的, 但分析师却很难用它们来描述上述的各种知识, 也不容易形式化。从而分析师不大可能用形式的方法对需求的一致性、合理性、合法性等进行验证, 通常只能进行直观的检查, 或采用一些启发式的规则进行验证, 而这对大型系统的分析是困难的。因此, OOA的主要目的应为:

- 获取应用领域的专用知识, 而且这种知识的表示形式应使领域专家能进行逐条验证;
- 用对问题领域合适的模型, 给用户做需求决策提供支持;
- 能将领域知识精确地传递给设计者和程序员;
- 支持系统原型的建立, 以使用户确认需求, 并对用户的修改能自动传递给需求说明;
- 分析结果易于映射成面向对象的设计, 也易于映射成非面向对象的设计。

本文所提出的方法采用传统的ERD, STD来识别应用域的概念; 应用概念图理论^[1]将各种概念组成概念层次、关系层次, 以概念图来定义各种概念的语义。从而可将各种知识以概念图的形式加以表示, 应用域各种概念之间的关系以概念层次表示。概念图与ER图之间可自动转换。于是, 给用户与分析师的通讯提供手段, 便于对需求进行验证; 概念可以用逻辑公式表示, 为形式化分析提供了基础, 概念层次则便于类的生成, 从而可做为面向对象设计的基础; 利用概念层次的继承性, 为代码重用奠定了基础。

二、概念的识别

OOA的基础是信息模型, 使用面向对象信息模型来描述有关应用领域的知识。概念的形式依赖三个基本定义。

对象: 一个对象是一组实际事物的抽

象,该集合中的所有事物都具有相同的特性,所有的实例都遵循相同的规则。在“OOA”中,对象表示一个类的典型的成员,这里类是传统OOD(Object-Oriented Design)的概念。因此,OOA对象有OOD对象及类的一般特性。

属性: 一个属性是对象的各实例所具有的单个性质的抽象。

关系: 关系是实际事物间所具有的关联模式的抽象。

实体关系(ER)模型可用于对分析过程的非数据方面进行研究。包括功能的和过程的ER模型。对功能ER模型,因为功能是管理概念,功能实体之间的关系就属于管理的、咨询的、或为控制转移的关系。管理关系表明了一实体对另一实体所进行的规划、控制、监视、组织、协作、检查等。控制转移表明将判断一特定任务已完成还是要继续执行的责任传递给一新功能,或者当一任务已完成时,通知由新功能来触发新任务的开始。咨询关系表明两个独立功能一起工作以完成一动作或达到某共同结果,也可以是一种信息传递或咨询。过程ER模型不描述实体间的数据,而是描述数据流的方向、起点、终点及顺序。在概念识别阶段不关心过程是什么,而只描述哪个实体实现它及在整个过程中它所处的位置。这些是建立信息模型的基础。

对一信息系统,两实体的关系可用一简单句子描述。每个句子都有一个主语、一个动词及一个宾语。在功能ER模型及过程模型中,实体就对应于主语,宾语,而实体间的连接则用动词表示。我们可以将这些动词

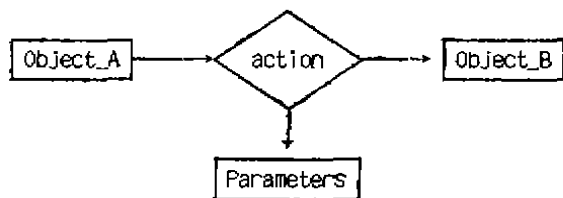


图1 ERD的基本结构

所表示的关系看作是实体间服务与服务响应的关系,即主体实体服务于客体实体,也可以认为是客体向主体请求服务。表示这种关系的基本结构如图1所示。

这里Object-A和Object-B分别表示任意二个对象,action表示对象B向A请求的服务名字,而Parameters表示对象A进行这种服务时所提供、修改、涉及到的参数。

采用这种ER模型,能够导出应用域中的所有实体和关系,因为实体是相互作用的,相互依赖的。关系是行为的抽象,围绕行为构造关系。对于一个关系,必有其主体、客体及其它属性说明。

这种表示更接近面向对象设计,对象由它所实现或承受的动作所描述,对其它对象来说,其可见度是有限的。不将结构作为描述对象的第一依据,无疑会提高封装性,对象的相互调用由行为关系确定,不受结构的约束。对象由名标识,它有状态,状态由变量表示,与各对象相连的可有对象的定义。

图1中,箭头就表示了行为的方向,箭头末端对应的是行为主体或行为关系本身,箭头指向的是行为关系或行为客体。行为由主体实现,实现中所涉及的数据作为数据对象附加在行为关系上。很显然,对一个应用,完整的ER图中各对象的数据应是以它为主体的行为关系上各数据对象中数据集的并。

信息模型重点是建立实体模型,即描述对象类及其相互关系。行为模型着重描述系统中对象的生命周期,是由状态图描述的。

假定所有对象和关系都有生命周期。在生命周期的各特定阶段,都有一定的物理规律和操作策略并且规则制约着对象实例的行为。对象的生命周期可用不同方式描述,比方状态图。在状态图中要用到三个基本概念:

状态: 表示对象的一种状况,在此期间有一组确定的规则、规律及策略可应用。

事件: 在实际世界中,当一个对象要从其生命周期的一个阶段向另一个阶段转移

时,都有某种变化出现。这种变化有二方面,一是事变出现本身,二是事变作用的客体。事变的这两个方面一起构成事件:一种控制信号并附有受其影响的实例的标识。为完整地描述发生的变故,事件也可以附带其它数据。正是由于事件具有标识对象实例的数据,它与OOD中消息的概念类似。

动作:在对象的状态模型中,用动作来表示生命周期中的过程、查询及事务,并有如下规则:

- 每一个状态都有一个动作,该动作在进入该状态时立即发生并在接收任何其它事件之前须结束;

- 一个动作可由许多更小的动作过程组成;

- 对一个对象或关系,如果它有状态模型,则就设一个状态变量以表示其状态属性,表示该实例当时所处的状态。

- 动作过程可以产生事件;

- 动作过程可以置定时器,定时器在超时情况下产生若干事件;

- 动作过程是离散的;

另有二个约定:

- **约定1:**动作过程仅能对它所在的对象或关系的属性执行写操作;

- **约定2:**动作过程仅能通过信息模型中规定的访问通路对对象及关系进行查询。

第一条约定类似封装,保证了对象数据的私有性,第二条约定假定了执行读操作的对象应知道某个确定的目标对象的属性的存在。

实践中,对象极少是独立存在的,它们的动态行为总是与其它对象实例的动态行为互相协作。这种协作是以问题域中的物理规律、操作策略及其它特性为基础的。

在状态模型中,利用动作过程可以产生事件并输入给其它对象状态模型的事实,可形成各种限制、协作及同步。

对象之间的协作常呈现服务请求与服务响应的特点。当一个对象实例进入某状态,

它需要别的对象实例提供服务或者它自己要产生一个报告时,它就会产生一个事件以通知目标对象。接受者就会接受该事件,转移到一新状态并产生所要求的动作。

在ER图中的每一个实体,生成其状态图(或状态图集),描述实体的动态行为,一实体所能进入的状态顺序就表示了该实体的生命周期。在状态图中,一个状态对应于一个动作,显式地描述该状态的转移事件,即输入事件、输出事件、产生这些事件的条件、各状态的动作过程及涉及的数据单位。

在为信息系统建立信息模型及状态模型的过程中,识别了应用域的实体,从而识别了许多的对象,相关行为及数据。为进行进一步的分析,建立了形式模型,并逐渐向设计过渡,我们将概念图理论应用于OOA。

三、概念的组织与运算

概念图是有限互连的二部图。有二种结点,一为概念,二为概念关系,每一个概念关系,都有若干条弧,每条弧都必须连到某个概念上。这种图也可以用相应的线性符号表示,其一般形式如图2所示。

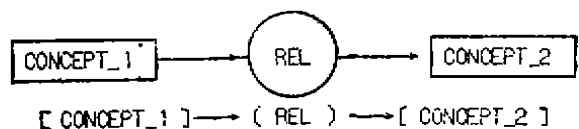


图2 概念图基本符号

概念图中每个概念都有一个类型标号,也可以有一个参考。如[PERSON], [PERSON: *]二者都表示一个未定的人的实例(星号表示一般参考)。参考也可包含命名的实例、集合和数量。比方, [PERSON: Mary]表示特定命名的人Mary, [PERSON: { * }]则表示人的集合, [PERSON: { * } @100]则表示有100个人的集合。

概念关系表示概念之间的关系。比方, [FLIP] -> (OBJ) -> [EMERGENCY - SWITCH]表示紧急开关被按动了,概念关系OBJ是事先定义的关系,其含义是“客体”的意思。在我们的方法中,将概念分为二种,一种称

为“实体概念”，表示应用中能给别的对象提供服务或能接受别的对象服务请求的对象；另一种概念称作“行为概念”，包括一切可由对象实现的行为或动作。

概念依据其通用程度以层次形式组织。对一应用领域，其中所有的概念均应出现在概念层次中，每一概念均有一个定义与之相连，该定义以概念图形式表示。如出纳员可简单地定义为：

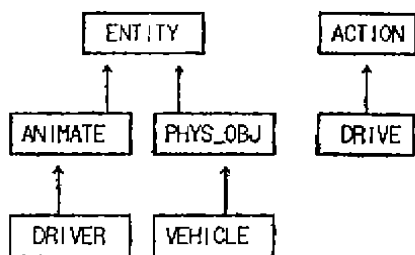
```

type CASHIER(*x) Is
  {PERSON:x} ← (AGNT) ↓ {GIVE} →
    (OBJ) → {MONEY}
                                ↓
                                (RCPT)
                                ↓
                                {PERSON:*}
    
```

每当定义了一新概念，就将它加入到概念层次中。通常，概念类型要从若干个中间超类型继承特性，因此层次呈现格的形式。高层概念对应通用的概念、偏序关系<可解释为域中概念的通用性关系。比方，CASHIER<PERSON<ANIMATE表示出纳员是人，而人属有生命体。

与概念分类相似，概念关系也根据其类型进行分类。对一特定应用领域，可根据其概念关系的类型确定层次。每一个概念关系都有一个确定的定义与之相连，确定该关系的弧数目，各弧所能连的最通用概念等。

对概念图，可定义一组基本操作，如拷贝、实例化、通用化、消除冗余、求两概念图的公共子图、两概念图的连接等。有了这组操作，就可根据已有概念产生新概念，根据若干实例抽取概念，从而为分析师对应用领域进行分析提供一个有力的手段。



·图3 概念层次实例

概念及关系的层次结构也为分析师推断新的概念图提供了一种强有力的机制。比方，如果有图3所示的概念层次。若已确定概念图

```

[ ACTION ]
→ (AGNT) → [ ANIMATE ],
→ (OBJ) → [ PHYS-OBJ ].
    
```

利用概念层次的继承特性，则可推导出定有下边的概念图存在。

```

[ DRIVE ]
→ (AGNT) → [ DRIVER ],
→ (OBJ) → [ VEHICLE ]
    
```

与行为关系相连的数据对象描述了行为主体在完成行为时所涉及到的数据，包括输入数据、输出数据及对象内部有关数据。数据以数据单位的形式组织。对于一个行为，如果其输入数据中存在一数据集，该数据集里所有成员必须同时出现该行为才被执行，或在输出数据中存在一数据集，其成员必须同时产生才使这些数据有意义，则称该集合与其对应的必要输出（输入）数据及对象内部必须参与该行为的数据为一数据单位。

采用上述方法，应用领域中所有的概念都出现在概念层次中，而这些概念经概念关系连接成一网络，这一网络就描述了有关应用领域的知识。

可对概念层次定义一组抽象运算：

- 语义一致性检查。概念定义均以概念图的形式表示，通常，行为概念经概念关系与实体概念相连。对相关概念的概念图定义进行比较，不难发现其中的语义不一致。

- 求两概念的最大公共行为。根据行为概念的概念图定义，可求得它们的最大公共子图。如果对同一父结点概念下的二子概念，存在最大公共子图，则该子图可连到其父结点概念，而其子结点自然继承该子图所代表的行为。

- 求两概念的最大公共数据集。与行为相关的数据均与行为概念相连，故可求同一父结点下的各子结点的公共数据集，并可连到其父结点。

• **ER图与概念图的自动转换。**ER图中实体与概念图中实体概念相对应，而关系与行为概念相对应。故可对它们的自动转换进行定义。

• **概念图的逻辑表示。**假定不存在复合概念或复杂的集合参考，则可用一阶逻辑公式表示一概念图；如果存在复合概念或复杂的集合参考则可用高阶逻辑公式表示概念图^[4]。于是，用概念图所表示的应用域需求可转换成用逻辑公式表示的形式。

• **类的生成。**用上述运算，对概念层次进行各种处理，根据其继承性，进一步检查概念间相同部分，即各概念之定义概念图中公共子图，公共数据集，对概念层次进行整理。再依据概念之间的关系，可生成类，即将相关的行为及数据封装进相应的概念类型。

四、结 论

在开发一大型信息系统时，所碰到的第一个难题就是找不到一种合适的方法来对那些错综复杂、互相不一致，甚至来自不同用户的各种矛盾的需求进行描述、验证、检查、修改、最终形成形式化的说明以支持系统的开发。为此，我们对OOA进行了初步研究，本文所叙述的是其中一部分工作。经过初步试验，证明上述采用ER模型、行为模型从用户处抽取概念，而用概念图、概念层次来表示它们是可行的。它是在现有ERD，STD技术基础上进行扩展的，为信息系统顺利开发奠定了基础。（参考文献略）

第四届全国青年计算机会议

4th National Conference for Young Computer Scientists(NCYCS'92)

征文通知(第一次)

由中国计算机学会主办，北京航空航天大学承办的第四届全国青年计算机会议将于1992年10月在北京召开。本届大会以学术报告和专题交流为主，特邀国内著名专家和学者做专题或综述报告，会议录用论文将收录在国防工业出版社出版的论文集中。本届会议将评选出优秀论文，并推荐到1993年国际青年计算机大会。

1. **征文对象** 论文第一作者不大于40岁。
2. **征文内容** 计算机体系结构；计算机科学理论，软件工程和工具；知识工程和人工智能；数据库；网络与分布式系统；器件及VLSI技术；CAD/CAM与计算机图形；中文信息处理；计算机应用。
3. **征文要求** 稿件用20×20稿纸书写，正文不超过6000字（含~250字摘要），并附关键字，注明论文所属领域。文章一式三份，请写清第一作者的详细通讯地址、邮政编码，来稿一律不退。
4. **重要日期** 论文截止日期：1992.4.1 录取通知日期：1992.5.1 复印清样日期：1992.5.20。
5. **投寄地点** 100083北京航空航天大学计算机系NCYCS'92程序委员会怀进鹏收。
6. **征集会徽** 本届大会将有奖征集NCYCS'92会徽。
7. **鉴定会与展示会** 本届大会将筹办成果鉴定或评审及软、硬件工具与各种计算机产品展示。若对以上有意者，请尽早索取报名表，报名截止日期：1992.4.1。联系人：郑子坚 李波（100083北京航空航天大学计算机系NCYCS'92组织委员会）。