

# 基于B的UML形式化需求分析

张志锋<sup>1</sup>, 徐洁<sup>1</sup>, 邓璐娟<sup>1</sup>, 任雪利<sup>2</sup>

(1. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 曲靖师范学院 信息与计算机科学系, 云南 曲靖 655000)

**摘要:** 为了消除软件需求中存在的不完整性、二义性和不一致性, 可以用形式化方法描述软件需求; 但是, 形式化描述需要很强的专业知识, 这样严重阻碍其广泛应用。为了使形式化描述简单、易行, 提出了一种从UML试图转化为B形式化需求的一种新的实现方法, 该方法通过在实际的项目中应用, 取得了一定的效果。

**关键词:** 形式化方法; B方法; 统一建模语言

**中图分类号:** TP311.52

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2007)08-0133-03

## Requirement Analysis Formalized Using UML Based on B

ZHANG Zhi-feng<sup>1</sup>, XU Jie<sup>1</sup>, DENG Lu-juan<sup>1</sup>, REN Xue-li<sup>2</sup>

(1. Dept. of Computer and Communication Eng., Zhengzhou Institute of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. Computer Science Dept., Qujing Normal University, Qujing 655000, China)

**Abstract:** To eliminate the incompleteness, inconsistency and ambiguity in the software requirement, the formal method could be used to describe the requirement. But it is not widely used because the professional knowledge are needed in such approach. In order to simplify the formal method, the paper proposed a new method to transfer the UML view to B formal requirement. The method is implemented in the real application, and gets some significant effect.

**Key words:** formal method; B method; UML

## 0 引言

需求分析是进行软件开发活动的第一步, 也是非常重要的一步, 若需求分析不能准确定位软件要实现的功能和达到的目标, 那么开发的软件必然不能满足客户的要求。需求分析做的不充分是软件开发失败的重要因素, 如果需求分析中存在的问题延迟到测试阶段解决, 那么纠正它们所花费的代价将是在需求中修改的几十甚至上百倍, 也可能造成开发的失败。因此, 消除需求分析中存在的问题, 降低软件开发的失败, 是成功的软件开发必不可少的。

形式化方法是建立在严格数学基础上的软件开发方法, 涉及了软件开发的整个过程, 包括从需求分析、规格说明、设计、编程、系统集成、测试、文档生成直到维护的各阶段, 其关键在于形式化的规格说明语言<sup>[1]</sup>。

用形式化的规格说明语言描述系统及其性能, 可以帮助开发人员获得对所描述系统的深刻理解, 有助于发现需求中隐含的不完整性、二义性、不一致性, 发现分析设计中存在的错误和缺陷。

## 1 B方法

B方法建立在 Zermelo-Frankel 集合论的基础上, 包含结构化的机制(从规格说明到精化再到实现), 广义替换、精化和软件层次体系结构的理论<sup>[2]</sup>。采用一种简单的伪程序语言来描述需求模型, 并进行软件设计和实现, 使用的语言是 AMN(Abstract Machine Notation), AMN支持规格说明的类型检测、动态验证、数学证明等确保设计过程的正确。AMN中结构化的机制增强了信息隐藏和数据封装, 严密的部件接口控制确保了大型开发中各个部件的独立开发<sup>[3]</sup>。

## 2 UML和B的结合

UML以其图形化的描述得到了软件界的青睐, 已成为面向对象软件分析与设计事实上的工业标准。其图形化描述成为软件开发人员理解系统架构和描述系

收稿日期: 2006-10-21

基金项目: 河南省新世纪优秀人才支持项目(2005HANCET-03);  
河南省优秀中青年骨干教师支持项目

作者简介: 张志锋(1978-), 男, 河南郸城人, 硕士, 研究方向为软件工程、数据库; 邓璐娟, 博士, 教授, 研究方向为自动控制理论与控制工程、计算机控制系统。



统需求及其实现的基础,但是,对需求规范的分析验证很难进行,甚至是不可能的,成为其一大缺陷;形式化方法以准确的描述、自动化的验证而闻名,但是将系统的需求分析直接转化为 AMN 描述是一件很困难的工作,因此,在软件行业中没有得到广泛的应用<sup>[4]</sup>。用 B AMN 描述 UML 图形的语义,可以对需求进行准确的描述,消除内在的不完整性、二义性和不一致性,另一方面,UML 图形化的表示也可以简化描述的过程,弥补形式化描述难于进行的缺点。限于篇幅,文中仅对 UML 的类图、状态图及活动图进行形式化描述<sup>[5]</sup>。

2.1 类图的描述

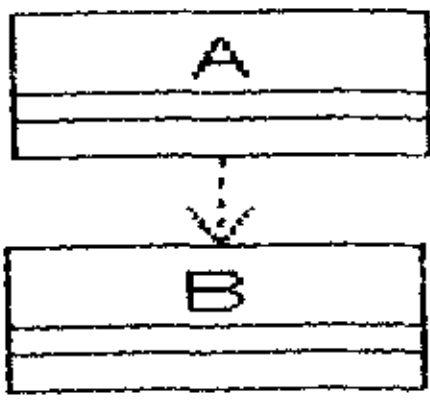
构造系统的类图。将每一个类转化为一个抽象机,描述如下:

```
Machine Class
SETS
  CLASS
VARIABLES
  class, attr1, attr2...
INVARIANT
  class ∈ CLASS ∧ attr1 ∈ C1 ∧ attr2 ∈ C2...
OPERATIONS
...
END
```

该抽象机是一组 Class 实例模型,而不是一个单独的实例对象,对于一个单独的对象实例,应该省略 class 的说明。创建实例模型的一个对象相当于增加一个对象的操作。

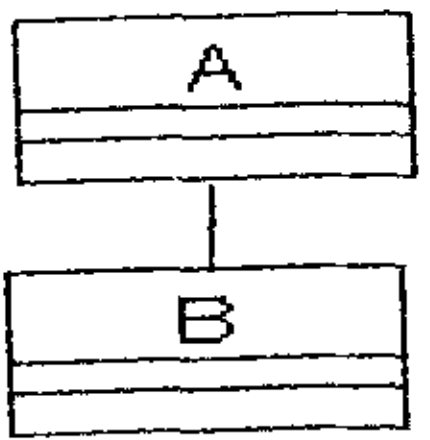
对于类间存在的关系,可以用下面的 AMN 来描述:

①依赖关系:



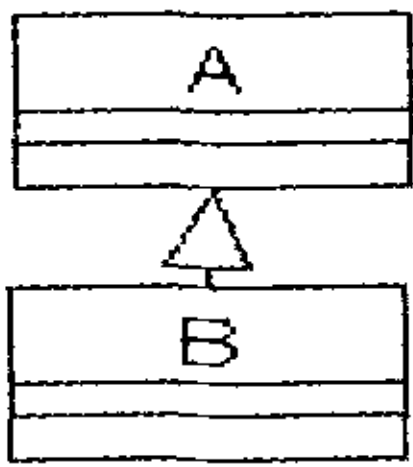
```
Machine A
  USES B
...
END
```

②关联关系:



```
Machine A
  SEE B
...
END
```

③类属关系:



```
Machine A
  INCLUDES B
...
END
```

2.2 状态图和活动图的描述

构造系统的状态图以及操作的活动图,如果操作的执行引发了状态的变迁,那么,将对象的初始状态置于操作的前置条件(PRE)中,对象的终止状态是操作执行结果的一部分,描述如下:

```
Machine Class
...
INVARIANT
State = {inial_state, final_state} ∧ ...
...
OPERATIONS
  OP(∞, s)
  PRE
    s: = ∞ → State & ...
  THEN
    s: = final_state ...
  ...
END
```

如果活动图中存在由于操作条件的不同执行不同的路径的情况,可以用 IF... ELSE..., WHILE... DO..., SELECT 或 CASE 结构类型的语句来描述:

```
Machine Class
...
OPERATIONS
  OP(∞: C1)
  PRE
    ...
  IF
    ...
  THEN
    ...
  ELSE
    ...
  END
END
```

3 应用实例

例如,在图书借阅系统中,系统的实体类有:User, Copies 和 Book,在 Book 中定义关于书的信息,bobj 表



示书对象,书对象的集合是 BOOKSET,初始化为空集。书有名字和唯一的标识符,同样的书至多有 10 本,借阅者分学生和教职工,学生每次可借 5 本书,教职工可借 8 本。User 中表示了书的动态借阅信息,Copies 中的操作 addCopy,delCopy 是 Copies 对象的创建和删除,满足图书管理的需要,Book 提供的操作 addBook,setName,getName 和 isName 提供了简单的查询和修改功能。下面是通过 B 方法中的 AMN 将 UML 中的视图进行转换的过程。图 1 是图书馆里系统类图,图 2 是书的状态图,图 3 是借书的活动图

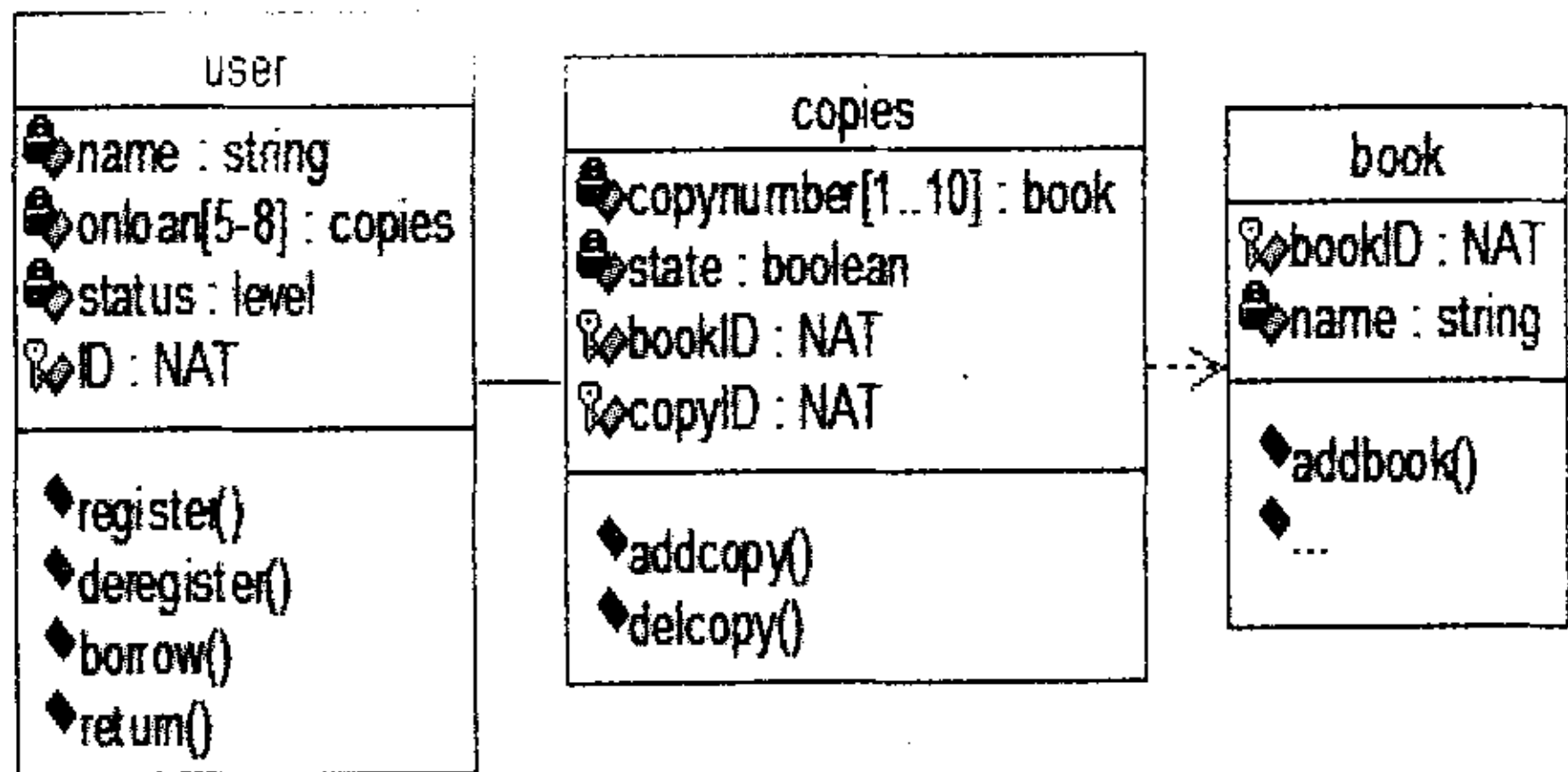


图 1 图书管理系统类图

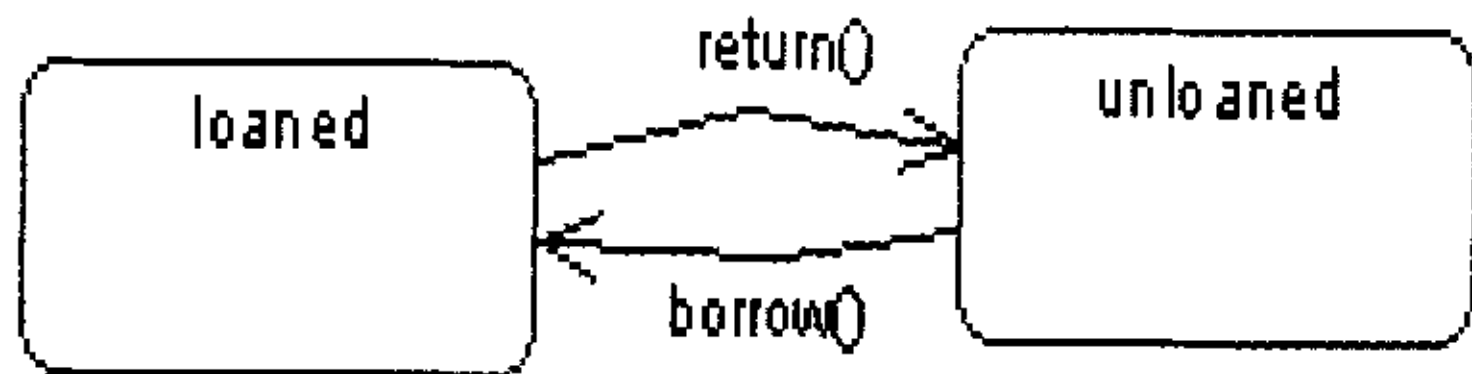


图 2 书的状态图

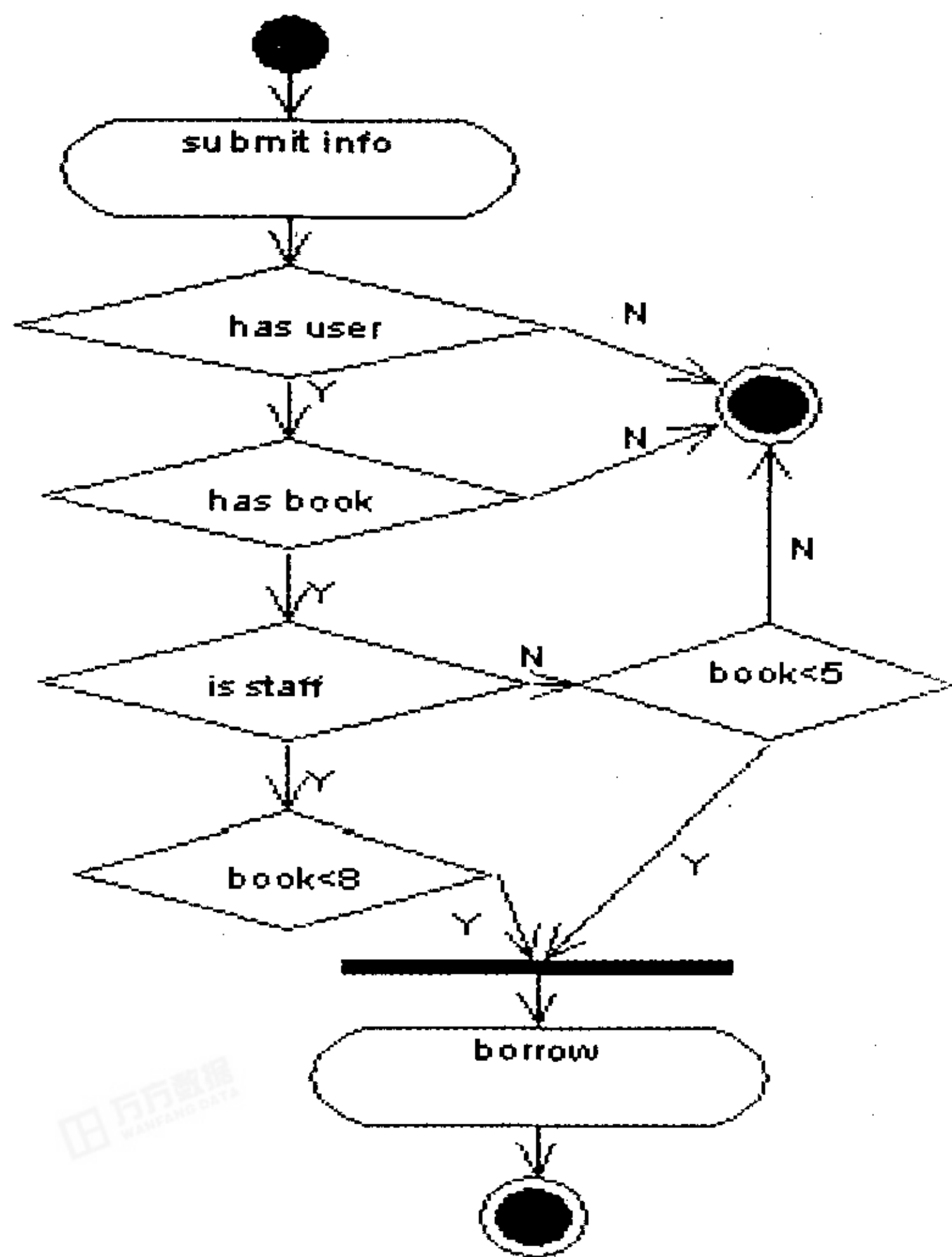


图 3 借书的活动图

下面是用 AMN 对 user 进行形式化描述:

MACHINE User

USES Copies

SETS MEMBERSET, LEVEL = {staff, student}

CONSTANTS name

```

PROPERTIES name STRING
VARIABLES memberobj, name, onloan, status
INVARIANT
onloan memberobj <-> COPYSET ^ ...
INITIALISATION
BEGIN
    Onloan := || uobj := || name := || status :=
END
OPERATIONS
Register(uobj, mm, st) =
    PRE ...
    THEN
        ...
    END;
DeRegister(uobj, mm) =
    PRE ...
    THEN
        ...
    END;
Borrow(uobj, cc) =
    PRE uobj membersobj & cc copiesobj
    IF
        (status(uobj) = student => card(onloan[ {uobj} ]) < 5) &
        (status(uobj) = stuff => card(onloan[ {uobj} ]) < 8)
    THEN
        Onloan := onloan U {uobj} -> cc
    ELSE
        SKIP;
    END;
Return(uobj, cc) =
    PRE uobj membersobj ...
    THEN
        Onloan := onloan - {uobj} -> cc
    End
END
```

在上面的描述中, onloan 表示借阅者借书的总数目,如果将其误解为本次借书数目,那么,总的借书数目表示为: bonloan(uobj)(在借的书) + onloan(uobj),在以学生为对象进行形式化验证时,将会出现 bonloan(uobj) + onloan(uobj) = 5 + 5 = 10 > 5 的情况,与需求中的学生最多可借 5 本书的条件相矛盾,因此,发现该描述存在问题。

## 4 结 论

用基于 UML 的 B 形式化方法来描述需求,不仅可以发现需求中隐含的不一致性、不完整性,以及消除二义性,而且描述过程简单、易行,为成功的软件开发

(下转第 175 页)



由于较低的发送速率,在三层机制中每个节点在一个 BI 里仍然只能发送或接收一个数据包,据 2.2 分析可得:

$$\bar{D}_{\text{third}} = (H - \frac{1}{2})BI_{\text{third}} + \Delta p + T_{\text{atim}}(1 - \frac{T_{\text{atim}}}{BI_{\text{third}}}) \quad (10)$$

$$\bar{D}_{\text{second}} = (H - \frac{1}{2})BI_{\text{second}} + \Delta p + T_{\text{atim}}(1 - \frac{T_{\text{atim}}}{BI_{\text{second}}}) \quad (11)$$

$$\bar{D}_{\text{first}} = (H - \frac{1}{2})BI_{\text{first}} + \Delta p + T_{\text{atim}}(1 - \frac{T_{\text{atim}}}{BI_{\text{first}}}) \quad (12)$$

允许节点在 BI 中间休眠,则每个节点在一个 BI 中发送或接收数据只需要  $T_{\text{atim}} + \Delta p$  时间的能量。目的和源节点各自只需要一个  $T_{\text{atim}} + \Delta p$  的能耗,而中间节点各需要两个这样的能耗。所以可得:

$$e_{\text{third}} = (2(H - 2) + 2)(T_{\text{atim}} + \Delta p) \quad (13)$$

$$e_{\text{second}} = (2(H - 2) + 2)(T_{\text{atim}} + \Delta p) \quad (14)$$

$$e_{\text{first}} = (2(H - 2) + 2)(T_{\text{atim}} + \Delta p) \quad (15)$$

再根据式(1)可得:

$$\bar{D}_{\text{new}} = \frac{19}{5}\text{Unit}(H - 2) + \Delta p + \frac{13}{20}\text{Unit} \quad (16)$$

$$E_{\text{new}} = 16M\text{Unit}\lambda(H - 1)(T_{\text{atim}} + \Delta p) \quad (17)$$

## 2.4 结果比较

通过比较(3),(7),(16),(17)式明显可得:  $E_{\text{new}} < E_{\text{psm}}, \bar{D}_{\text{new}} < \bar{D}_{\text{psm}}$ 。而且由于  $\Delta p \ll T_{\text{atim}}$ , 因此式(17)可表示为  $E_{\text{new}} = 16M\text{Unit}^2\lambda(H - 1)$ 。进步可得

$$\frac{E_{\text{new}}}{E_{\text{psm}}} = \frac{1}{4} \quad (18)$$

采用三层机制比采用 PSM 可以节省近 75% 的能量,同时还降低了平均传输时延。因此可以推测,即使考虑到采用三层机制带来的各种额外的开销(层间转换的开销,每个节点需要维护一张邻居节点状态表的开销以及在每个 BS 开始要发送一个广播帧和 ATIM 帧增长带来的开销等方面),三层节能机制仍然应该有较大的性能提高。

(上接第 135 页)

建立了坚实的基础。提出了它们之间转化的一些基本的原则,为成功的软件开发提供了坚实的依据。对于它们的完美的结合,还有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] vonder Beeck M, Margaria T, Steffen B. A formal requirements engineering method for specification, synthesis, and verification[M]. USA: IEEE Computer Society, 2001.
- [2] Cansell D, M'ery D. Foundation of The B Method[J]. Computing and Informatics, 2003, 22: 30 - 32.

## 3 小 结

随着 Ad Hoc 移动网络的广泛应用,能量问题将制约其发展,是 Ad Hoc 网络的重要性能指标之一。提出了一种新型的 MAC 层节能机制。通过使用传统的分层方法,提高了系统的总体性能。采用了三层机制,可以根据实际需要选取更多层次,当然由于层间转换和节点电台切换也需要一定的开销,层次也不能选择过多。

## 参考文献:

- [1] Davis J A, Jedwab J. MICA2 Mote Datasheet[EB/OL]. 2005 - 05. <http://www.xbow.com/Products/Product-pdf-files/Wireless-pdf/6020-0042-01-A-MICA2.pdf>.
- [2] Miller M J, Vaidya N H. Power Save Mechanisms for Multi-Hop Wireless Networks[M]. U. S. : The McGraw-Hill Companies, Inc., 2004.
- [3] Hu C, Hou J. LISP: A Link-Indexed Statistical Traffic Prediction Approach to Improving IEEE 802. 11 PSM[C]// IEEE International Conference on Distributed Systems (ICDCS). [s.l.]: [s. n.], 2004: 58 - 67.
- [4] Wu Haitao, Peng Yong, Long Keping, et al. Performance of Reliable Transport Protocol over IEEE 802. 11 Wireless LAN: Analysis and Enhancement[C]// in Proceedings of IEEE InfoCom'02. New York, NY, USA: [s. n.], 2002: 599 - 607.
- [5] Woesner H, Ebert J P, Schlager M, et al. Power saving mechanisms in emerging standards for wireless LANs: THE MAC Level Perspective[J]. IEEE Personal Communications, 1998, 7 (5): 219 - 221.
- [6] Feeney L, Nilsson M. Investigating the Energy Consumption of an Wireless Network Interface in an Ad Hoc Networking Environment[J]. IEEE Infocom, 2001, 27(13): 312 - 328.
- [7] Miller M J, Vaidya N H. Minimizing Energy Consumption in Sensor Networks Using a Wakeup Radio[J]. IEEE WCNC, 2004, 44(3): 470 - 479.

- [3] Tartanoglu F, Levy N, Issarny V, et al. Using the B Method for the Formalization of Coordinated Atomic Actions[J]. Computing and Informatics, 2004(10): 103 - 109.
- [4] Levy B N, Marcano R, Souquieres J. From requirements to formal specification using UML and B[C]// In International Conference in Computer Systems and Technologies. USA: IEEE, 2002: 1420 - 1428.
- [5] Snook C, Butler M. Verifying dynamic properties of UML models by translation to the B language[C]// In Proceedings UML 2000 Workshop Dynamic Behaviour in UML Models: Semantic Questions. York: SIAM, 2000: 935 - 941.