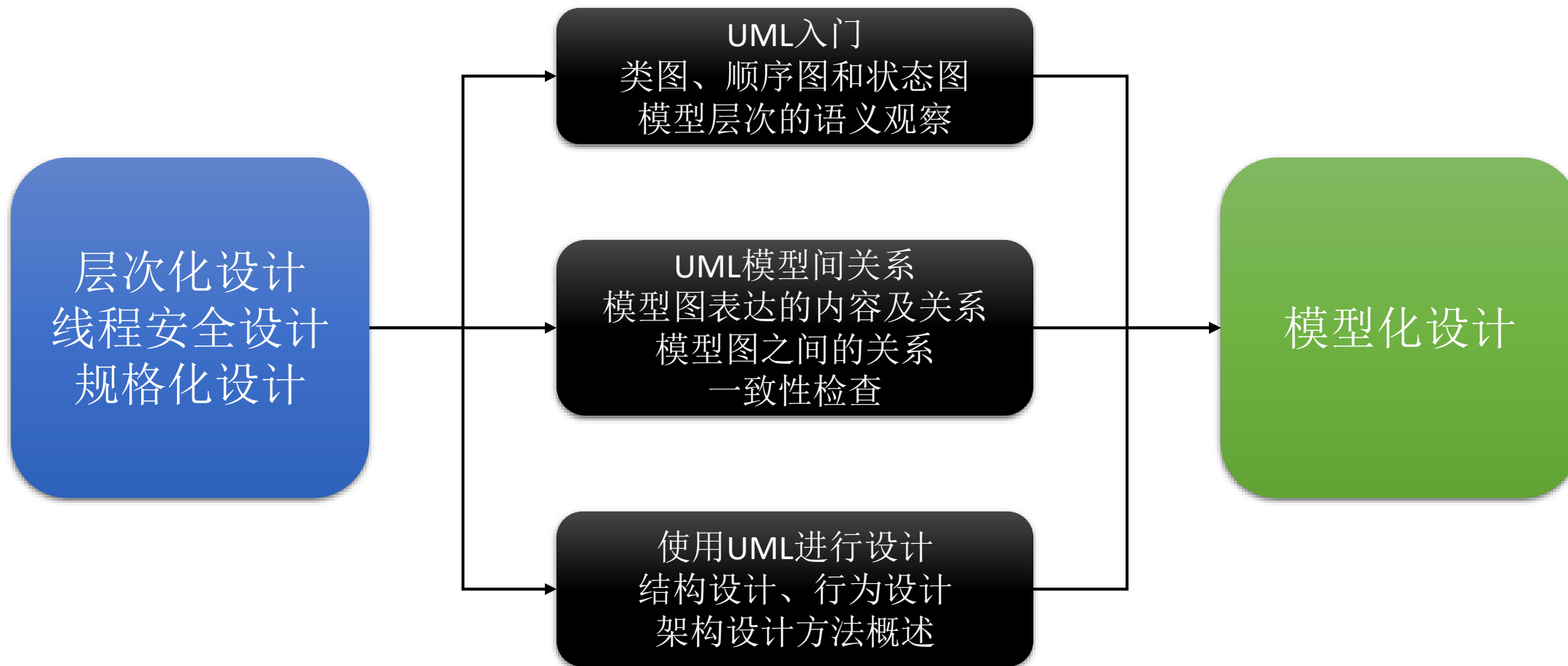


第十三讲：UML入门

OO2019课程组

计算机学院

第四单元内容总览



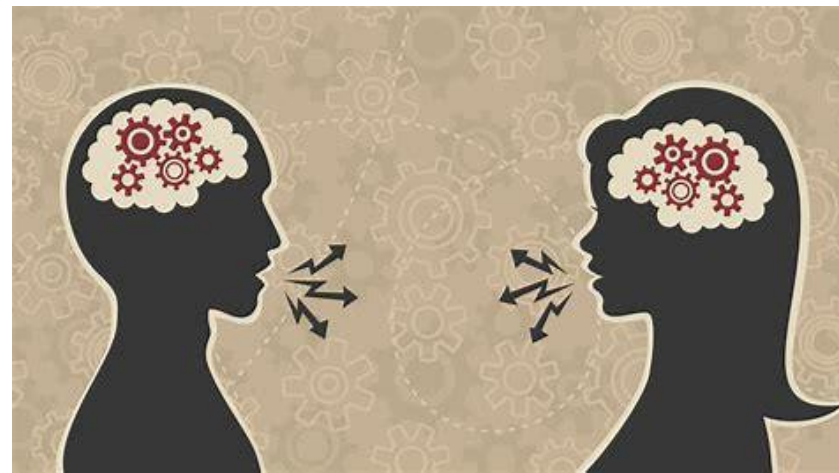
摘要

- 为什么要学习一门新语言
- 如何理解一个程序系统
- 如何表示程序系统
- UML类图
 - 类图的几个关键标签类型
- UML顺序图
 - 顺序图的几个关键标签类型
- UML状态图
 - 状态图的几个关键标签类型
- 作业分析

为什么要学习一门新语言

- 语言是一套符号系统，用以表达人的思维
 - 词汇：表示方式和表达的含义
 - 词汇连接：表示方式和表达的含义
- 设计语言的目的
 - 可以更准确的表达思维
 - 可以更直观的表达思维
 - 可以更简单的表达思维
- 语言是沟通的桥梁
 - 表示者通过语言来表达自己的观点[思维]
 - 接受者通过语言来感知和理解对方的观点

学习新语言是为了：
更好的表达自己
更好匹配对方的偏好
更好融入共同体



OO其实是一套语言系统

- 语言一般都会提供两个基本构造机制
 - 词汇构造机制：用以针对一个存在(**being**)的特征来构造相关词汇，从而描述其相应特征
 - 连接构造机制：用以针对所构造的词汇，构造相应的连接(甚至是连接规则)来组合词汇，从而表达对存在的理解
- 面向对象本质上定义了一套抽象语言系统
 - 词汇：对象、属性、操作、活动、流程、状态、...
 - 连接规则：对象间连接、对象与数据间连接、对象与操作间连接、属性与操作间连接、属性与活动间连接、活动与流程间连接、操作与状态间连接、...

如何理解程序系统

- 程序系统是一种存在
 - 由无到有
 - 有生存状态
 - 能够对外界激励做出响应
 - 甚至可自行演化
- 程序系统是一种人造物
 - 可控
 - 可预测
 - 可配置

如何理解程序系统

- 结构线
 - 需求层次的结构：数据及其关系、功能及其关系
 - 设计层次的结构：类、接口及相互关系，规格
 - 实现层次的结构：类、结构及相互关系，数据结构
- 行为线
 - 需求层次的行为：功能流程（用户与系统的交互流程）
 - 设计层次的行为：类之间的协作行为、类的状态行为
 - 实现层次的行为：类之间的协作行为、方法控制行为、算法流程

如何描述程序系统

- 自然语言、JML、Java都可以描述程序系统
 - 自然语言不提供专门描述结构和行为的成分
 - 需要大量的脑力来从中识别和理解结构与行为
 - JML可以描述结构和行为，整合的方式
 - 需要一定的脑力来分离其中的结构和行为
 - Java可以描述结构和行为，整合的方式
 - 需要相当的脑力从中分离结构和行为，并逐步建立抽象层次
- 我们希望有一种语言，直接提供针对性、分离的结构与行为描述手段，而且可以在后台把描述元素整合起来
- UML就是这样的语言

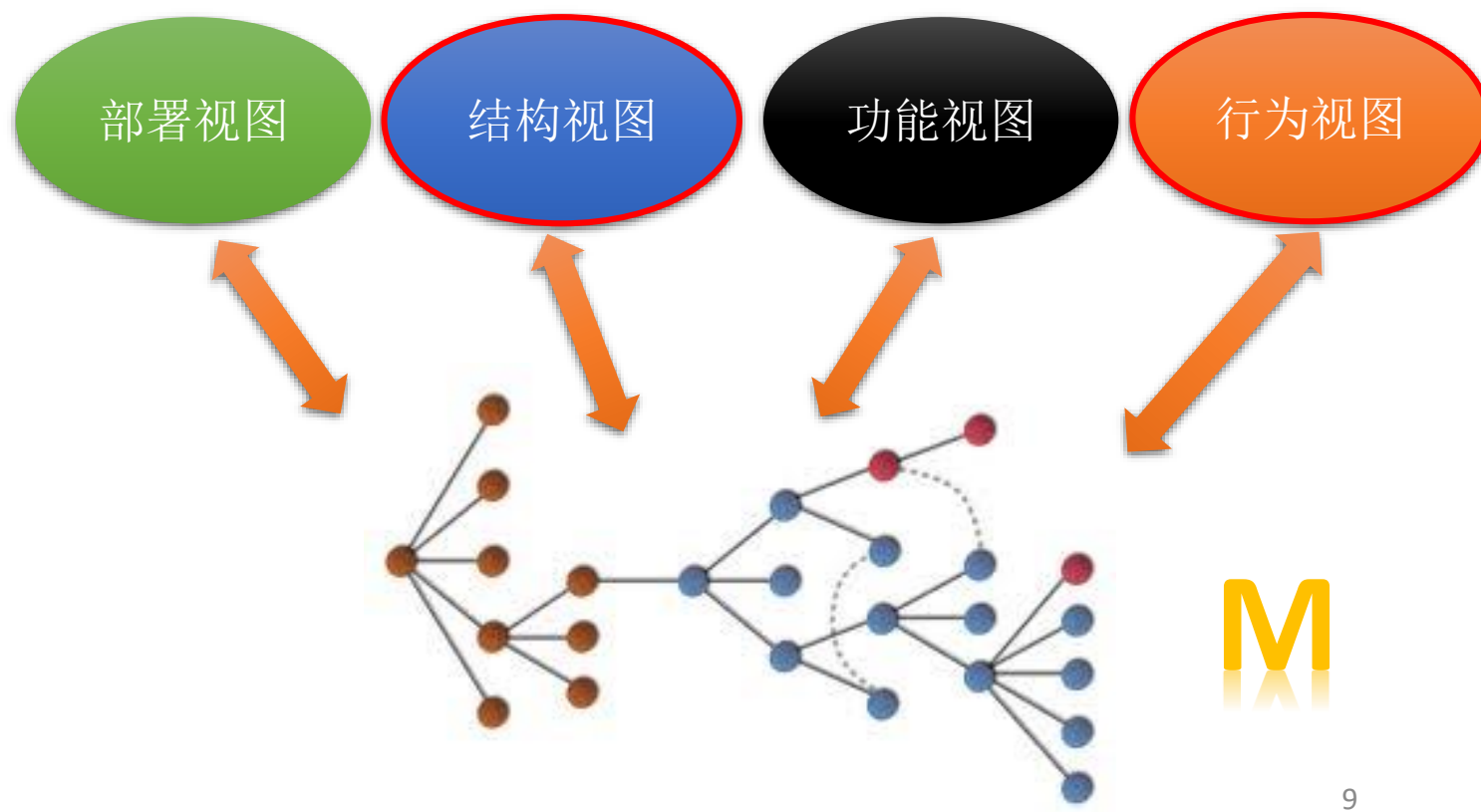
UML语言简介

- UML的语言设计目标
- UML的建模理念
- UML模型组成

UNIFIED
MODELING
LANGUAGE



U?



UML语言设计目标

- 提供一种面向对象式的抽象又直观的描述逻辑
 - 抽象：把系统抽象表示为类和类之间的协同
 - 直观：通过可视化的模型图来描述和展示系统功能、结构和行为
- UML经过了二十多年的发展(UML 2.x)
 - 绘画式语言→仅用于人之间的交流
 - 描述性建模语言→机器能够理解模型的部分含义
 - 可执行建模语言→机器能够理解和执行模型的准确语义

UML建模理念

- 语法明确、语义清晰的可视化语言
- 多种描述视角
 - 功能视角：系统或子系统要提供哪些功能(use case)?
 - 结构视角：系统有哪些组件(component)/类(class)/接口(interface)，相互间有什么关系(relation)?
 - 行为视角：组件/类能够做什么？组件/类之间如何协同？
 - 部署视角：组件/类如何分配到不同的可安装软件模块？
- 每个视角可以通过若干UML图来描述
 - 每个图有明确的主题
 - 控制每个图的规模

UML建模理念

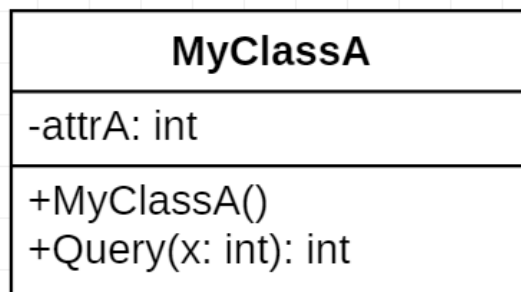
- 用例模型定义系统的需求
 - 使用可视化图来形象展示系统功能整体
 - 基于模板来描述每个用例(需求)的规格
 - 输入/输出, 处理流程, 异常情况, 前置条件和后置条件
- 类模型定义系统的解决方案: 使用“这些类”来实现相应需求
 - 使用可视化图来形象展示系统解决方案的整体 (类、类之间的关系)
 - 基于模板(属性、操作、约束条件)定义类的结构规格
- 状态模型定义类的行为机制: “这个类”将按照这样的行为逻辑运行
 - 使用可视化图来形象展示一个类受到关注的状态空间
 - 基于模板(状态行为、迁移行为)来定义类的行为规格→方法规格
- 交互模型定义类之间的协作机制: “这些类”在一起完成“这个业务”
 - 使用可视化图来形象展示类之间的交互序列
 - 基于模板(消息、消息时序控制)来定义类之间的交互规格→方法规格

UML模型组成

- 在UML建模工具中建立的各种图都是对模型的一种观察
- UML模型在哪儿？
 - 内存中、文件中
 - 由一组数据结构来定义
- 一组数据结构：UML元模型
- 在UML建模工具看来，各种图中的每个要素都是一个对象
 - 用例、类、属性、操作、关联、继承、消息、迁移...
 - 通过一系列数据结构来管理这些对象
- 所建立的UML模型实际上就是UML元模型的实例化结果
 - 通过复杂的图数据结构来管理

UML模型是一棵树

- UMLModel容器管理着模型的所有元素
 - ownedElements: UMLClassDiagram和模型元素(UMLClass)
- UMLClass对应用户所画出来的‘类’
 - 属性由UMLAttribute标记
 - 操作由UMLOperation标记
- 在uml diagram中画出来的元素都是模型组成部分
- UML模型是把各个diagram中的内容按照逻辑关系整合起来的结果
 - 有可能连接不起来



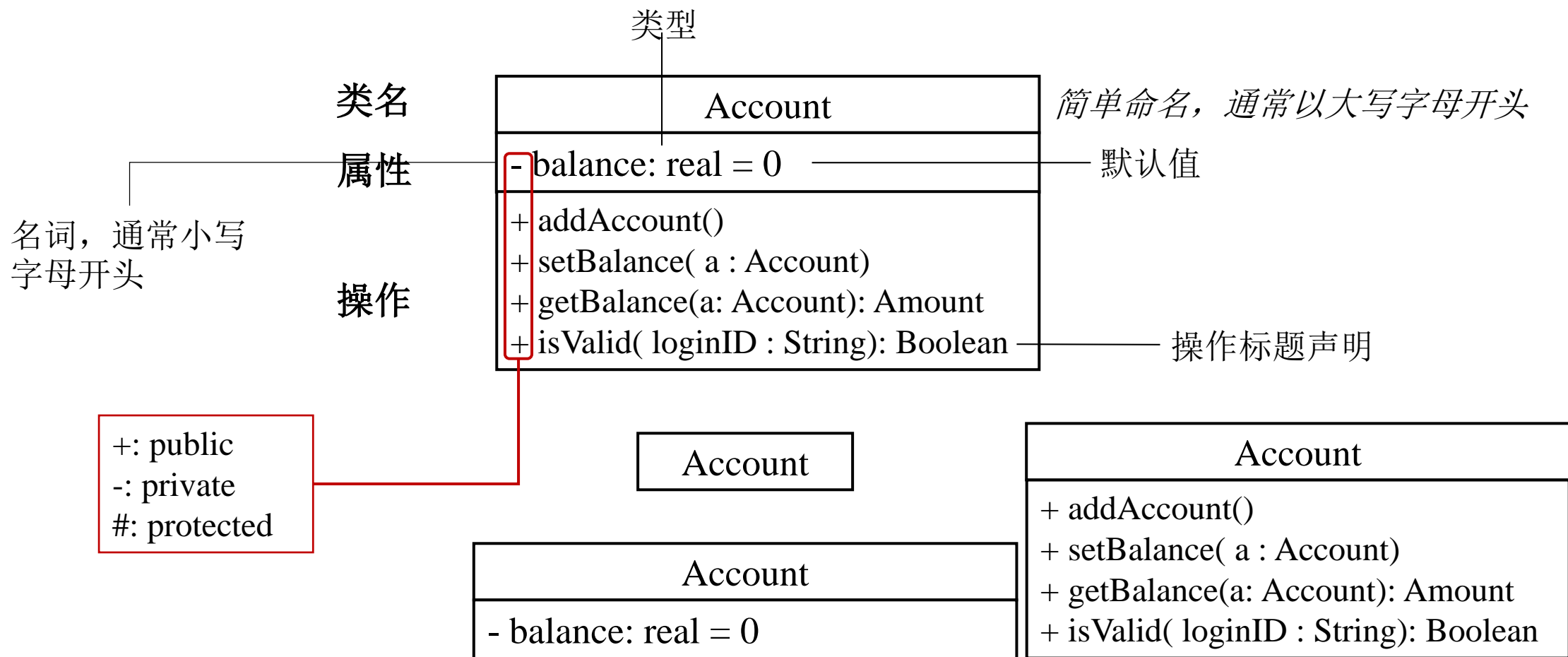
```
▼ ownedElements [1]
  ▼ 0 {5}
    _type : UMLModel
    _id : AAAAAAFF+qBWK6M3Z8Y=
    ► _parent {1}
      name : Model
  ▼ ownedElements [2]
    ▼ 0 {6}
      _type : UMLClassDiagram
      _id : AAAAAAFF+qBtyKM79qY=
      ► _parent {1}
        name : Main
        defaultDiagram : ☒ true
      ► ownedViews [1]
    ▼ 1 {6}
      _type : UMLClass
      _id : AAAAAAFqpiMge7NXBnk=
      ► _parent {1}
        name : MyClassA
      ► attributes [1]
      ► operations [2]
```

UML类图---对象建模的根本

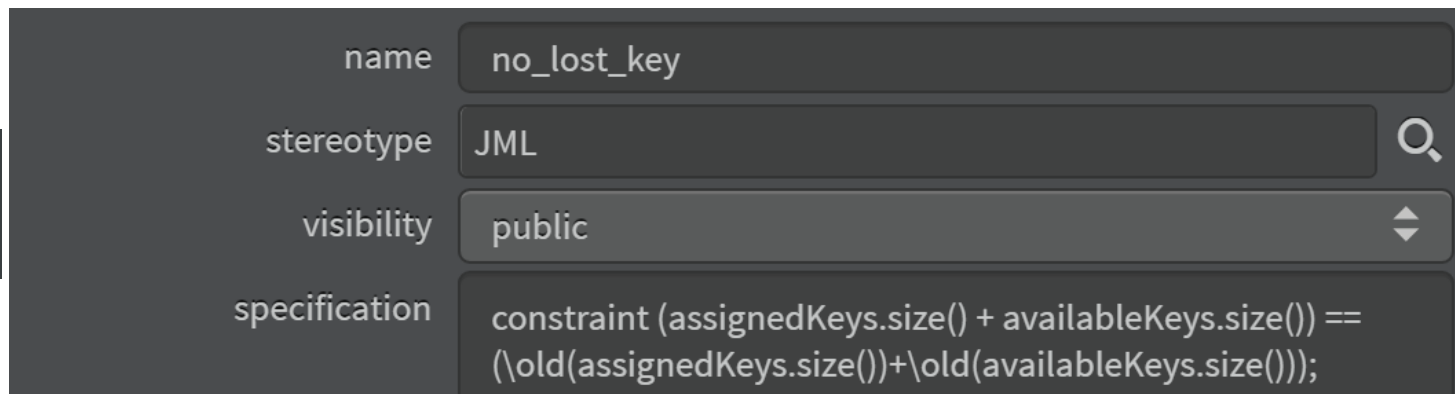
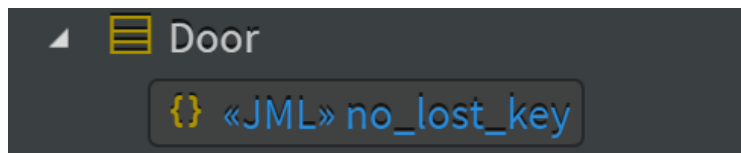
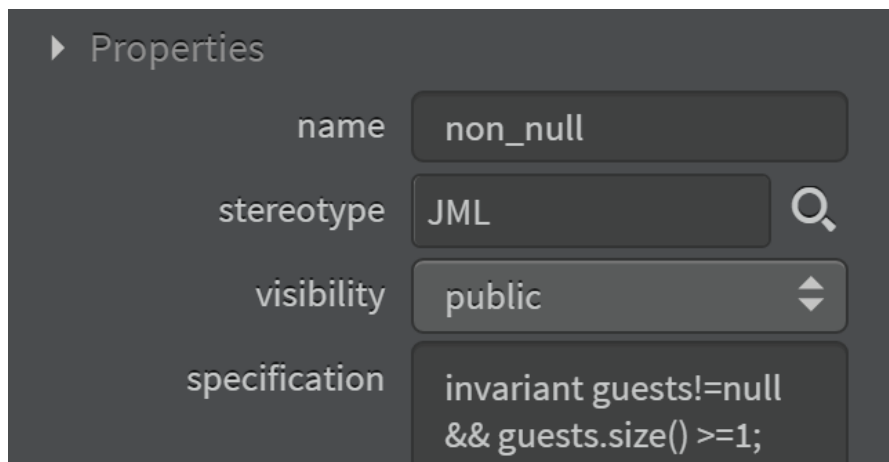
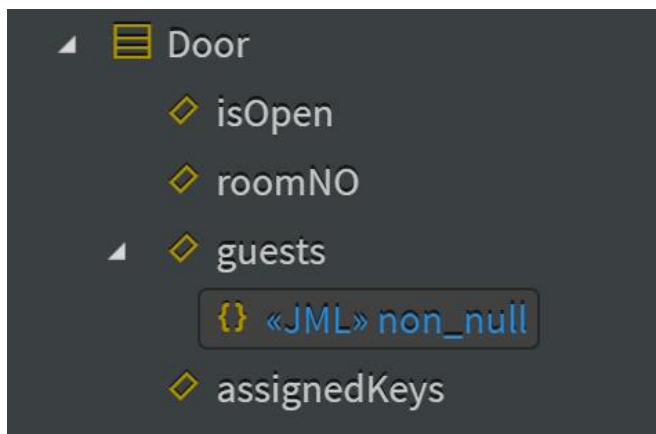
- 最常使用的UML模型图
- 围绕一个具体主题，展示相关的类、接口，它们之间的关系（依赖dependency、继承generalization、关联association、实现realization），以及必要的注释说明
- 三个层次的描述抽象
 - 概念层描述：用来分析问题域描述中可看到的类（分析模型）
 - 规格层描述：关注类的规格和接口
 - 实现层描述：可直接映射到代码细节的类

Most users of OO methods take an implementation perspective, which is a shame because the other perspectives are often more useful. -- Martin Fowler

类的表示语法



可以通过Property来描述数据规格



可以通过Property来描述方法规格

Door

-isOpen: boolean
-roomNO: int
-guests: Vector<Client>
-assignedKeys: Vector<Key>
-availableKeys: Vector<Key>

+Door()
+Open(Key k): boolean
+Close(Key k): boolean
+Register(Client e): Key
+UnRegister(Client e, Key k): boolean

Select One

Select kind of Constraint of Operation

☐ Typical Constraint

☒ Precondition

☐ BodyCondition

☐ Postcondition

name

matched key

stereotype

JML

visibility

public

specification

requires k!=null && locker.match(k);

Open

{ } «JML» matched key <@preconditions>

{ } «JML» door opened <@postconditions>

(Parameter)

k

name

door opened

stereotype

JML

visibility

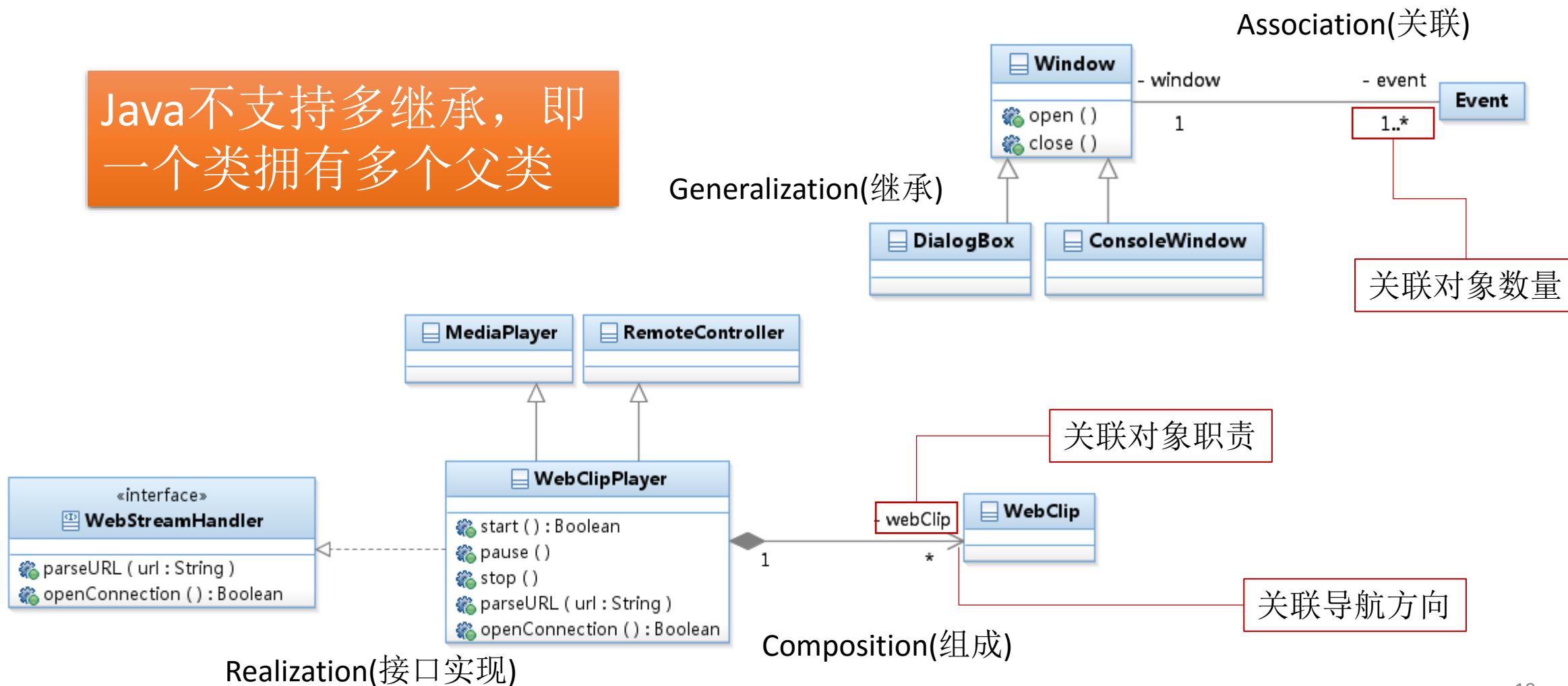
public

specification

ensures \result == true && isOpen == true;

类之间的关系

Java不支持多继承，即一个类拥有多个父类



类之间的关联关系

- 一个类需要另一个类的协助才能完成自己的工作
 - 用来管理相关信息
 - 需要获得一些信息
 - 需要协助做一些处理
 - 需要通知对方自己的状态变化
- 从对象的角度来理解关联
 - 从当前对象顺着关联方向可以找到相关联的对象
 - 注意关联对象的数目
 - *: 表示为0到多个对象
 - 1..*: 表示为1到多个对象
 - m..n: 表示为m到n个对象
 - n: 表示n个对象

```
public class Course{  
    ...  
    private Vector<Student> student;  
    ...  
}
```



```
public class Student{  
    course != null && course.size() >= 1  
    private Vector<Course> course;  
    ...  
}
```

类之间的继承关系

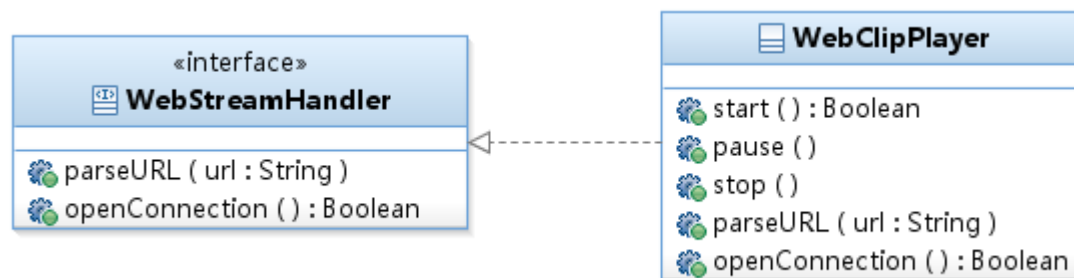
- 父类与子类
 - 父类概括子类
 - 子类扩展父类
- UML支持灵活的多继承
 - Java不支持
 - 建议在使用UML时不用多继承
- 一旦建立继承关系，子类将自动拥有父类的所有属性和操作
 - 设计层次和实现层次
 - **Note:** 不要在子类中重复定义父类已经定义的内容

```
public class OOCourse extends Course{  
    ...  
    ...  
}
```

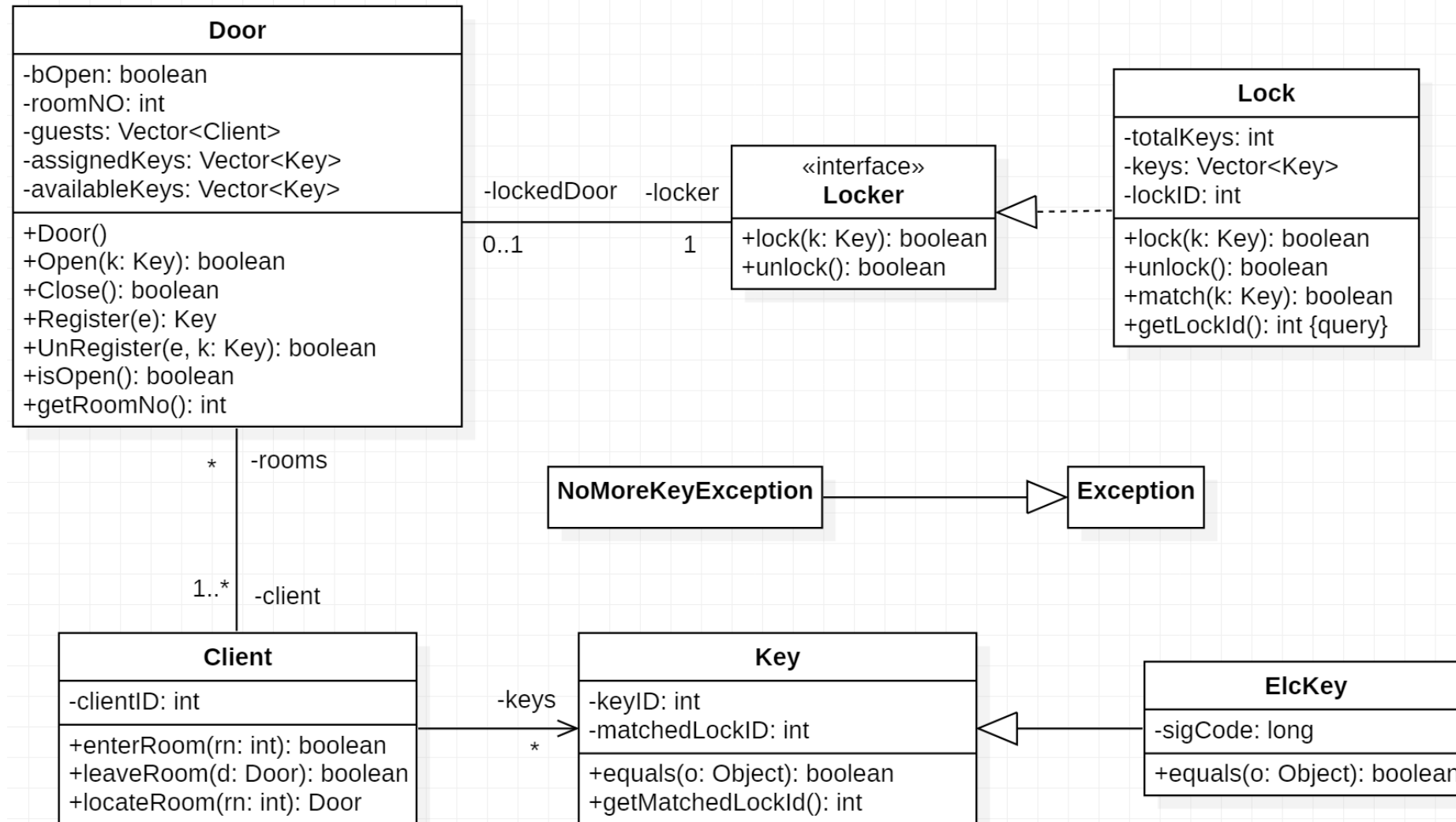
类对接口的实现关系

- UML与Java具有一致性
 - 一个非抽象类必须实现接口中定义但未实现的所有操作
- 接口是UML语言预定义的一种特殊的类
- 一个类可以实现多个接口
- 实现类需要显式列出要实现的操作
 - 和继承机制不同！

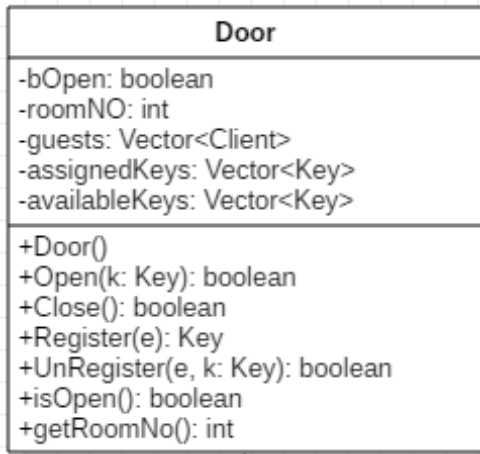
```
public class A extends B implements C,D,E{  
    ...  
    ...  
}
```



Case Study: Open&Close



在UML模型层次来理解类



UMLModelElement property:

name

visibility

__** field: for UML or starUML type
immutable

** field: for user defined type
mutable

- Door是一个类
 - UML: Door is an object of **UMLClass**.
 - **UMLClass** is a kind of **UMLModelElement**
- bOpen是Door的一个属性
 - UML: bOpen is an object of **UMLAttribute**
 - **UMLAttribute** is a kind of **UMLModelElement**
 - bOpen is a member of Door
- Open是Door的一个操作
 - UML: Open is an object of **UMLOperation**
 - **UMLOperation** is a kind of **UMLModelElement**
 - Door is a container object (typed as UMLClass) of 5 attribute objects (typed as UMLAttribute), and 7 operation objects (typed as UMLOperation).

```
_type : UMLClass
_id : AAAAAFqpiMge7NXBnk=
▶ _parent {1}
  name : Door
▶ ownedElements [5]
▼ attributes [5]
  ▼ 0 {6}
    _type : UMLAttribute
    _id : AAAAAFqpiN8GLOssfo=
    ▼ _parent {1}
      $ref : AAAAAFqpiMge7NXBnk=
      name : bOpen
      visibility : private
      type : boolean
  ▶ 1 {6}
  ▶ 2 {7}
  ▶ 3 {6}
  ▶ 4 {6}
▼ operations [7]
  ▶ 0 {4}
  ▼ 1 {7}
    _type : UMLOperation
    _id : AAAAAFqpiRcY707pzM=
    ▼ _parent {1}
      $ref : AAAAAFqpiMge7NXBnk=
      name : Open
```


在UML模型层次理解类

• UMLAttribute对象

- name
- type
- multiplicity
- defaultValue
- isUnique
- specification

```
    _type : UMLAttribute
    _id : AAAAAAFqp0ZAqWCp/yc=
    _parent {1}
      $ref : AAAAAAFqpiMge7NXBnk=
      name : guests
    ownedElements [1]
      0 {6}
        _type : UMLConstraint
        _id : AAAAAAFqp26huGyajnk=
        _parent {1}
          name : non_null
          stereotype : JML
          specification : invariant guests!=null &&
                        guests.size() >=1.
```

```
_type : UMLClass
_id : AAAAAAFqpiMge7NXBnk=
▶ _parent {1}
  name : Door
▶ ownedElements [5]
▶ attributes [5]
▶ operations [7]
```

• UMLOperation对象

- name
- return type
- parameters
- raisedExceptions
- specification

• UMLParameter对象

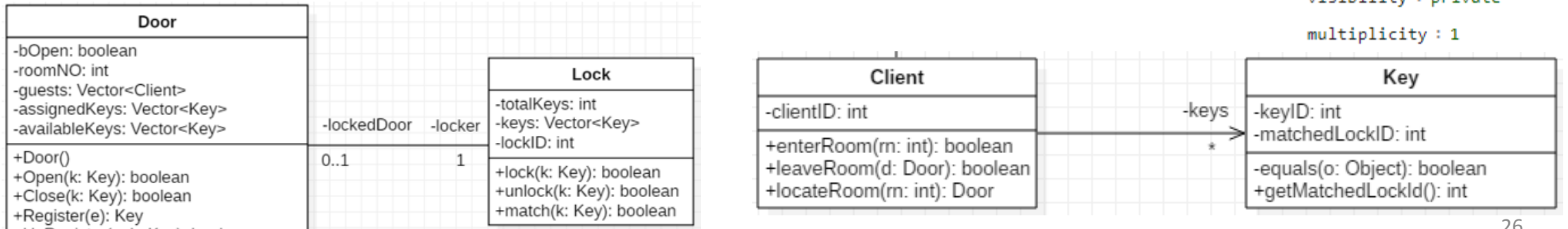
- name
- type
- direction
 - in, inout, out, return
- defaultValue

```
    _type : UMLOperation
    _id : AAAAAAFqpiRcY707pzM=
    _parent {1}
      $ref : AAAAAAFqpiMge7NXBnk=
      name : Open
    parameters [2]
      0 {5}
        _type : UMLParameter
        _id : AAAAAAFqpiM3MbPYrBA=
        _parent {1}
          type : boolean
          direction : return
      1 {5}
        _type : UMLParameter
        _id : AAAAAAFqpz3cy1dqvuQ=
        _parent {1}
          name : k
          type {1}
            direction : return
        preconditions [1]
        postconditions [1]
```

_parent不是面向对象抽象层次的parent-child关系，而是指管理层次树中的层次关系

在UML模型层次看待类关联关系

- 关联关系
 - <Door, Lock> is an object of **UMLAssociation**
 - UMLAssociation is a kind of UMLModelElement
 - UMLAssociation has two objects typed as **UMLAssociationEnd**
 - end1: {name:lockedDoor, visibility:private, multiplicity:0..1, reference:Door}
 - end2: {name:locker, visibility:private, multiplicity:1, reference:Lock}
 - 如果不关心某一端引用的对象，相应end的特性可以缺省
 - navigable: 关联访问方向
 - aggregation: {none, shared, composite}

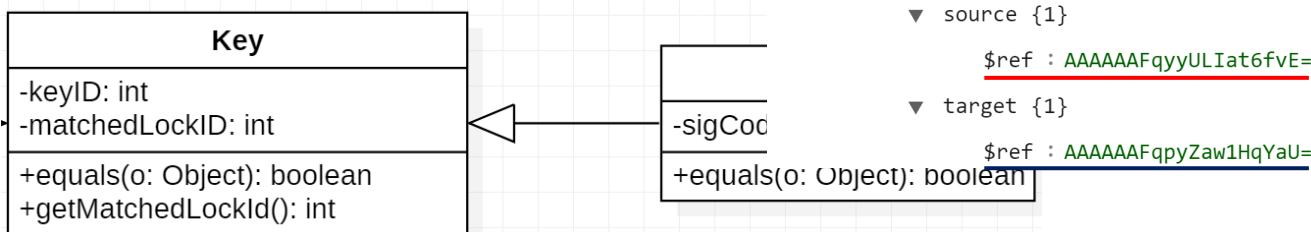


```
_type : UMLAssociation
_id : AAAAAAFqpyLHQ1A/uHQ=
▶ _parent {1}
▼ end1 {7}
    _type : UMLAssociationEnd
    _id : AAAAAAFqpyLHQ1BA8jU=
    ▶ _parent {1}
        name : lockedDoor
    ▼ reference {1}
        $ref : AAAAAAFqpiMge7NXBnk=
        visibility : private
        multiplicity : 0..1
▼ end2 {7}
    _type : UMLAssociationEnd
    _id : AAAAAAFqpyLHQ1BBCwQ=
    ▶ _parent {1}
        name : locker
    ▶ reference {1}
        visibility : private
        multiplicity : 1
```

在UML模型层次来理解类抽象层次

• 继承层次

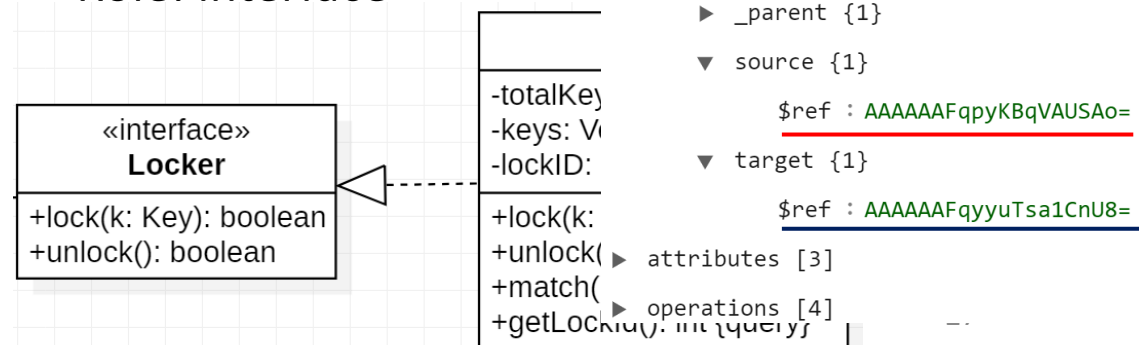
- <ElcKey, Key>: object of **UMLGeneralization**
- source: ElcKey
 - object of **UMLClass**
 - Role: subclass
- target: Key
 - object of **UMLClass**
 - Role: superclass



```
_id : AAAAAAFqpyZaw1HqYaU=  
▶ _parent {1}  
  name : Key  
▶ attributes [2]  
▶ operations [2]  
▶ 4 {5}  
▶ 5 {4}  
▶ 6 {7}  
▼ 7 {7}  
  _type : UMLClass  
  _id : AAAAAAFqyyULIat6fvE=  
▶ _parent {1}  
  name : ElcKey  
▼ ownedElements [1]  
  ▼ 0 {5}  
    _type : UMLGeneralization  
    _id : AAAAAAFqyyXW0KyhBKU=  
▶ _parent {1}  
▼ source {1}  
  $ref : AAAAAAFqyyULIat6fvE=  
▼ target {1}  
  $ref : AAAAAAFqpyZaw1HqYaU=
```

• 接口实现层次

- <Lock,Locker>: object of **UMLInterfaceRealization**
- source: Lock
 - object of **UMLClass**
 - Role: impl provider
- target: Locker
 - object of **UMLInterface**
 - Role: interface



```
_type : UMLInterface  
_id : AAAAAAFqyyuTsa1CnU8=  
▶ _parent {1}  
  name : Locker  
▶ operations [2]
```

```
_type : UMLClass  
_id : AAAAAAFqpyKBqVAUSAO=  
▶ _parent {1}  
  name : Lock  
▼ ownedElements [1]  
  ▼ 0 {5}  
    _type : UMLInterfaceRealization  
    _id : AAAAAAFqyz3DUrUBj9E=  
▶ _parent {1}  
▼ source {1}  
  $ref : AAAAAAFqpyKBqVAUSAO=  
▼ target {1}  
  $ref : AAAAAAFqyyuTsa1CnU8=  
▶ attributes [3]  
▶ operations [4]
```

面向对象程序行为的UML表示

- 单个类视角下的行为
 - 观察行为：不改变对象状态
 - 控制行为：会改变对象状态
- 两个类之间的交互行为
 - 方法调用
 - 数据共享（线程交互）
- 多个类之间的组合控制行为
 - 流程控制

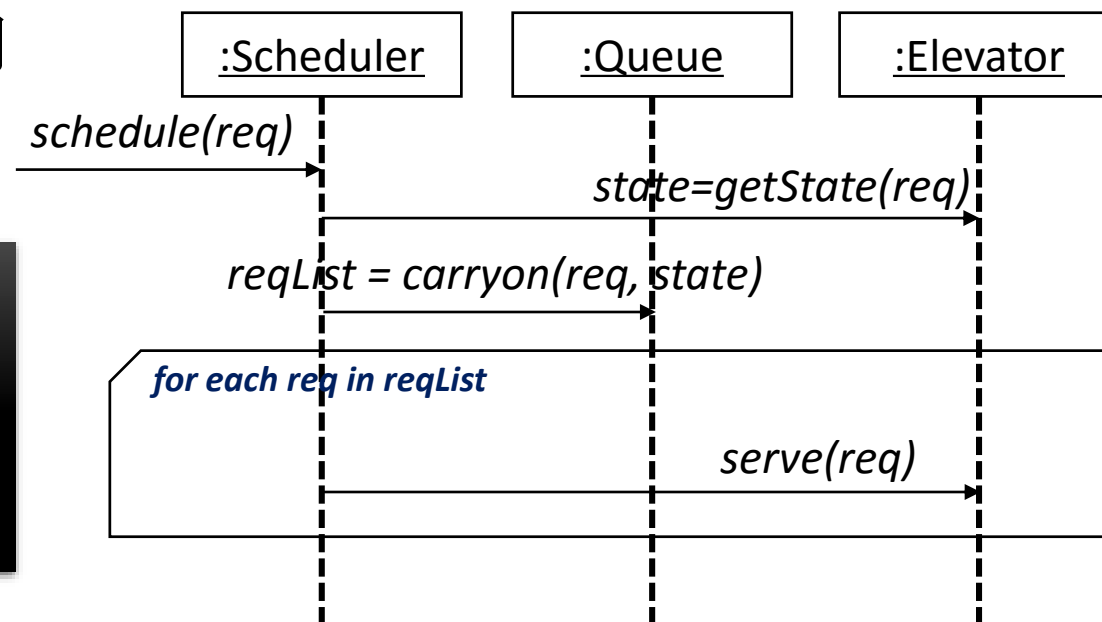
UML顺序图模型

- 顺序图(sequence diagram)来自于通信领域，表示通信实体之间的通信关系
 - 参与对象(participant): 参与交互的对象
 - 消息: 对象间的交互
 - 对象生命线: 描述对象的存活生命期

顺序图具有典型的笛卡尔坐标图性质:

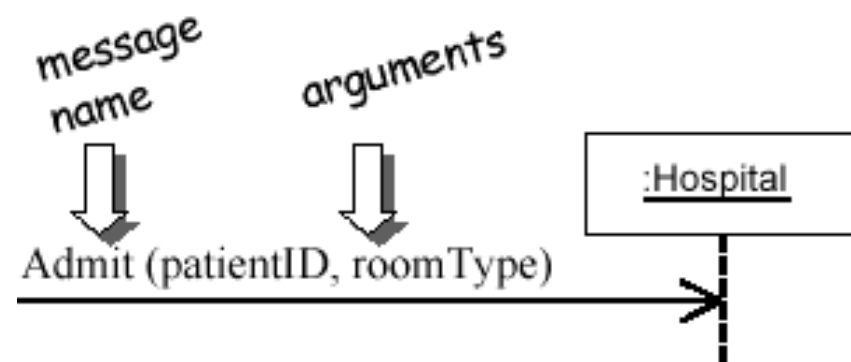
水平坐标: 排列参与交互的对象

垂直坐标: 消息时序和时间信息(时间从上往下增长)



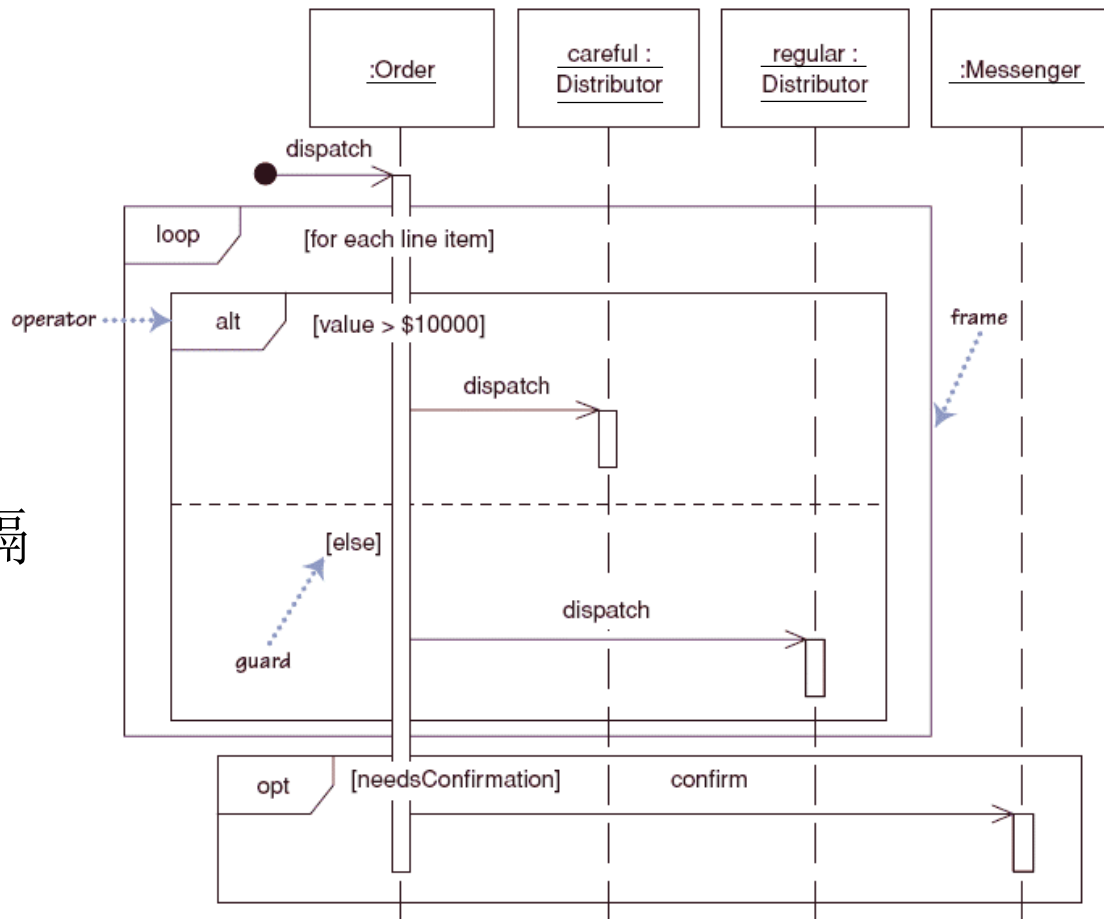
UML顺序图模型

- 对象生命线(UML Lifeline)
 - 矩形框，名称:关联的对象类型名
 - 名称有时可省略
 - 每个对象生命线都应关联到一个对象
- 消息(UML Message)
 - [var=]消息名([消息参数])
 - 与对象连接
- 消息连接意味合作关系
 - 发送者: 请求接受者的服务 / 通知接受者相关状态的变化
 - 接受者: 发送者在请求服务 / 发送者在通知我关心的信息



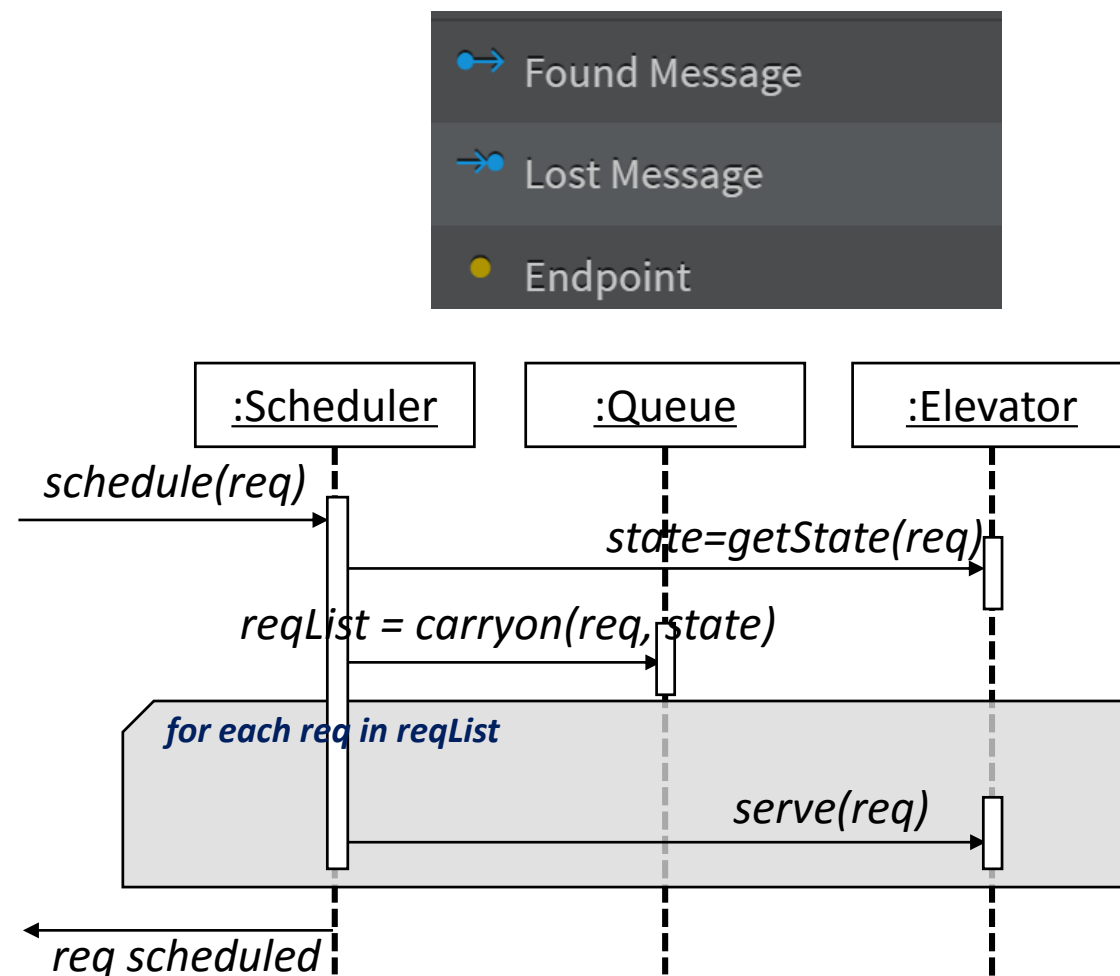
UML顺序图模型

- 基于消息块的交互流程控制
 - UMLCombinedFragment
- if控制-> 可选消息块
 - (opt) [控制条件]
- if/else-> 多分支消息块
 - (alt) [控制条件], 通过水平虚线来分隔多个分支控制
- loop-> 循环消息块
 - (loop) [循环控制条件或循环事项]



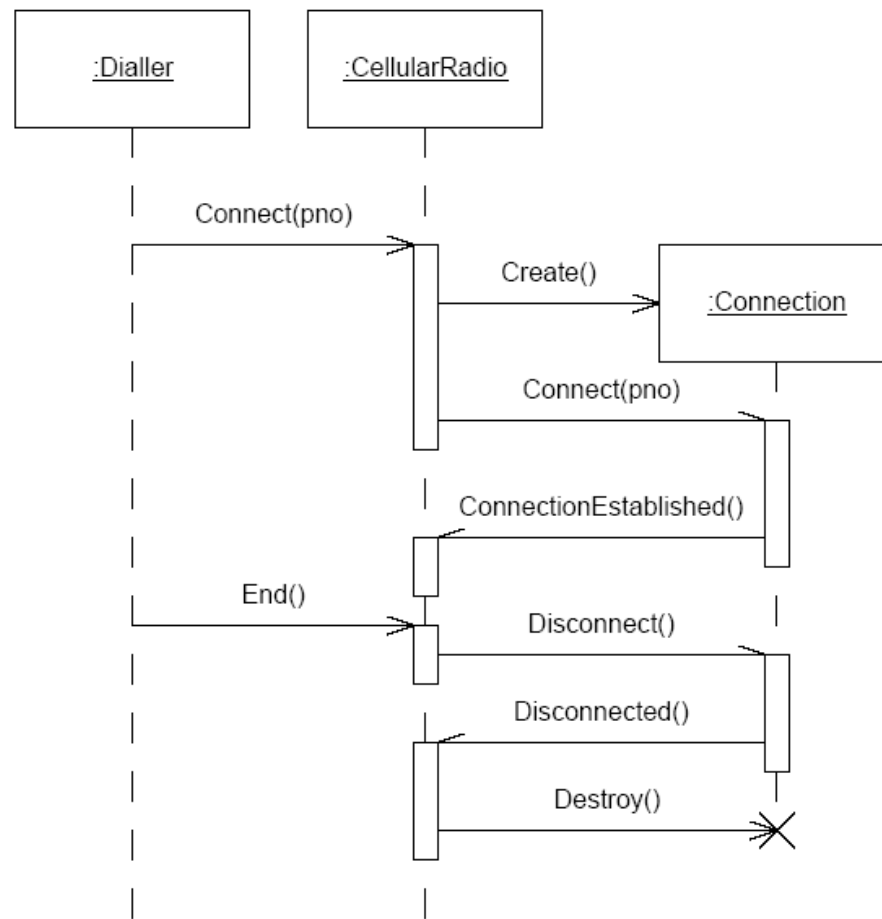
UML顺序图模型

- 有时不关心消息来自于哪个对象，只关心收到的消息
 - Found Message(staruml)
 - 如“*schedule(req)*”
 - UMLEndpoint --> Receiver
- 有时不关心消息发给谁，只关心发出去消息
 - Lost Message(staruml)
 - 如“*req scheduled*”
 - Sender --> UMLEndpoint

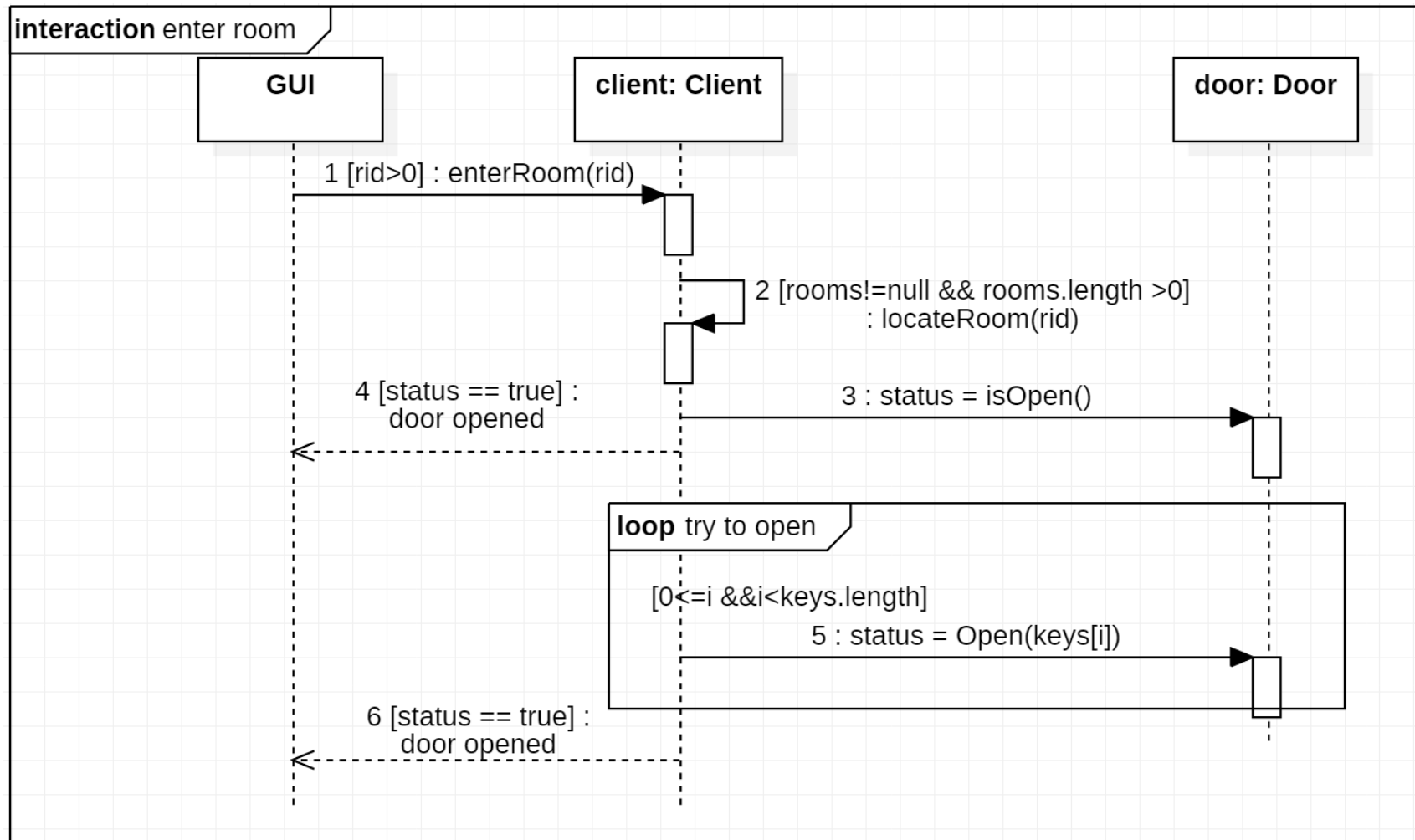


UML顺序图模型

- 顺序图描述多个类之间如何协作来完成一个具体功能
 - 架构设计的一部分
- 每个顺序图都应该有一个明确的行为主题
 - 建模主题反应建模者意图
- 这个顺序图有什么问题？



Case Study: Open&Close



在UML模型层次理解消息

- enterRoom(rid) is an object of **UMLMessage**
 - GUI(the sender) is an object of **UMLLifetime**
 - client(the receiver) is an object of **UMLLifetime**
- **UMLMessage** is a kind of **UMLModelElement**
 - name, source, target, signature, arguments, guard...
- UMLLifetime is a kind of UMLModelElement
 - name, **represent**, isMultiInstance
 - UMLLifetime represents an object of UMLAttribute

```
_type : UMLMessage
_id : AAAAAAFqwUq+7Pi1MLE=
▶ _parent {1}
▼ attributes [3]
  ▼ 0 {5}
    _type : UMLAttribute
    _id : AAAAAAFqwUnpDPhw90A=
    ▶ _parent {1}
      name : client
    ▼ type {1}
      $ref : AAAAAAFqwTWKvND/ug=
      guard : rid>0
    _type : UMLLifetime
    _id : AAAAAAFqwUnpDPhxqUA=
    ▶ _parent {1}
      name : client
    ▼ represent {1}
      $ref : AAAAAAFqwUnpDPhw90A=
      isMultiInstance : ☐ false5
```

在UML模型层次理解消息控制

- “try to open” is an object of **UMLCombinedFragment**
 - operator + operand
 - interactionOperator: {loop, alt, opt, ...}
 - operand: try with keys[i]
- 消息在**UMLLifetime**之间传递
 - UMLLifetime关联到对象
- 消息也可以在**UMLEndpoint**与**UMLLifetime**之间传递
 - UMLEndpoint --> UMLLifetime: found message
 - UMLLifetime --> UMLEndpoint: lost message

```
_type : UMLCombinedFragment
_id   : AAAAAAFqwU2DnvjsXOU=
▶ _parent {1}
name  : try to open
documentation : [for key: keys]
stereotype : value
interactionOperator : loop
▼ operands [1]
  ▼ 0 {5}
    _type : UMLInteractionOperand
    _id   : AAAAAAFqwVG79fksOzk=
    ▶ _parent {1}
      name : try with keys[i]
      guard : 0<=i && i<keys.length
```

在UML模型层次理解对象协同

- 顺序图定义了对象协同(**UMLCollaboration**)
 - ownedElements
 - attributes: 来完成协同行为的属性成员(对象)
 - UMLAttribute
- 协同行为: **UMLInteraction**
 - 可以建立多个UMLInteraction, 描述特定主题下的交互行为
 - messages
 - participants
 - UMLlifeline
 - UMLEndpoint
 - fragments

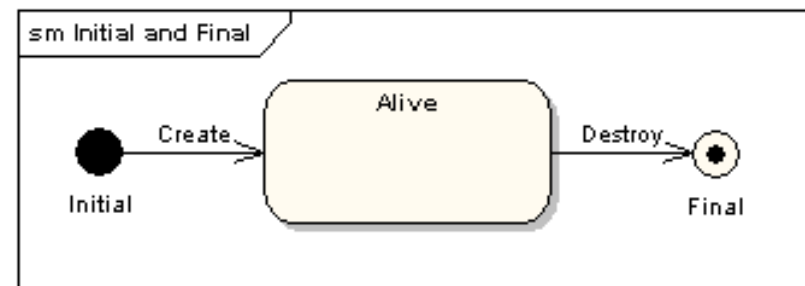
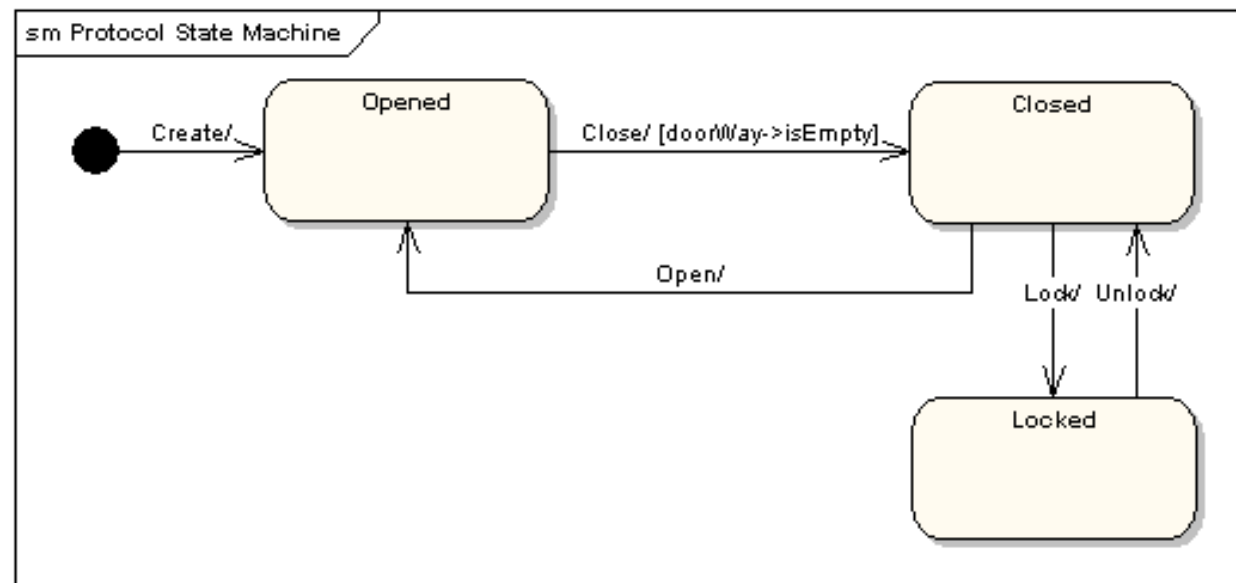
```
_type : UMLCollaboration
_id   : AAAAAAFqwUmZBfhOFgQ=
▶ _parent {1}
  name : enter room
▼ ownedElements [1]
  ▼ 0 {8}
    _type : UMLInteraction
    _id   : AAAAAAFqwUmZBfhP6T8=
    ▶ _parent {1}
      name : normal
    ▶ ownedElements [1]
    ▶ messages [6]
    ▶ participants [3]
    ▶ fragments [1]
▶ attributes [3]
```

UML状态图模型

- 对象是一种状态化的存在
 - 状态由数据定义
 - 外部可见状态、内部细节状态
- 对象行为引发状态变化
 - 状态迁移
- 使用UML状态图来描述外部可见的状态
 - 类的行为规格设计
- 本课程强调针对一个类来建立其状态模型

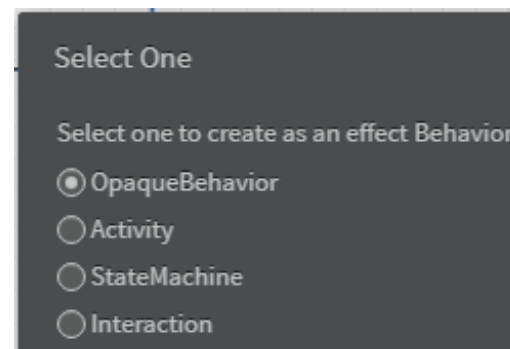
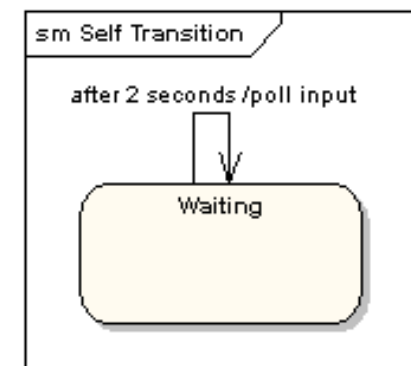
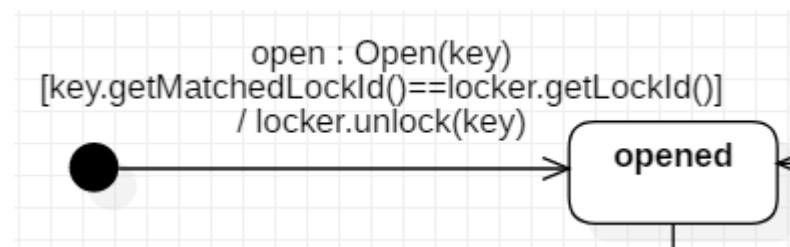
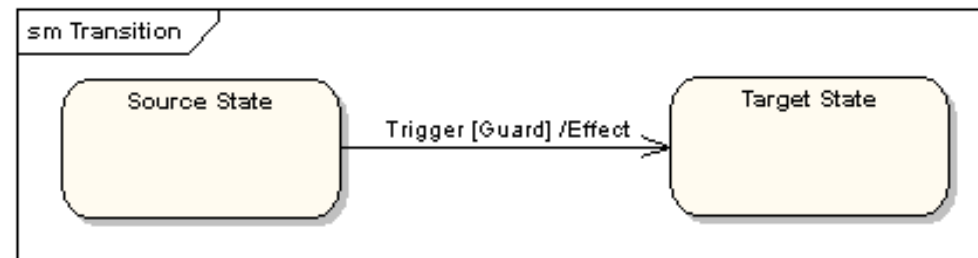
UML状态图模型

- 只用来描述一个对象的行为
 - 不能跨越“边界”
- 状态使用圆角矩形框表示
 - 初始状态
 - 终止状态(可能没有)
- 迁移使用带箭头的线表示
 - 一个迁移只能连接一个源状态、一个目标状态
 - 任何一个状态都必须从初始状态可达
 - 任何一个状态都能够迁移到终止状态(如果有)



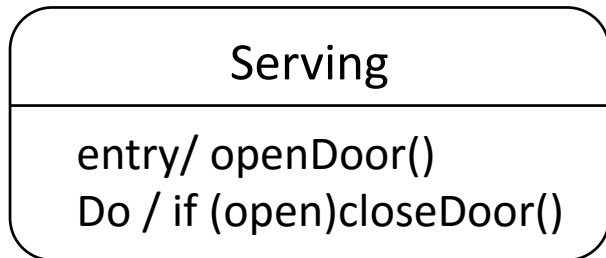
UML状态图模型

- 迁移的定义(UMLTransition)
 - trigger[guard]/effect
- Trigger是引起迁移的原因
 - UMLEvent
- Guard是迁移能够发生的前置条件
- Effect是迁移发生的后置条件之一
 - Effect
 - 对象状态改变为迁移的目标状态
- 目前我们规定只使用简单情形下的Effect
 - OpaqueBehavior: UMLOpaueBehavior



UML状态图模型

- 对象在某些状态下可完成一定的动作
 - 进入状态动作entry activity: 在进入状态时执行
 - 退出状态动作exit activity: 在退出状态时执行
 - 处于状态中的动作do activity: 进入状态后执行
- 可以为一个状态构造任意数目的这三种类型动作



电梯在进入服务状态时打开门
处于服务状态后，如果未关，不断尝试
关闭电梯门

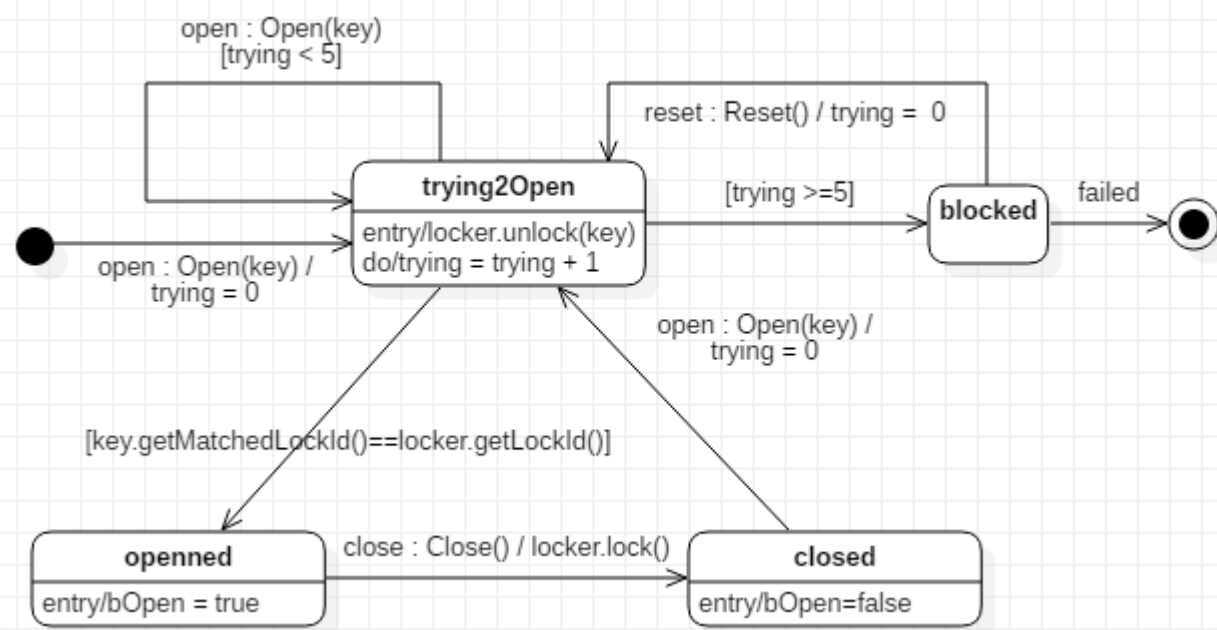
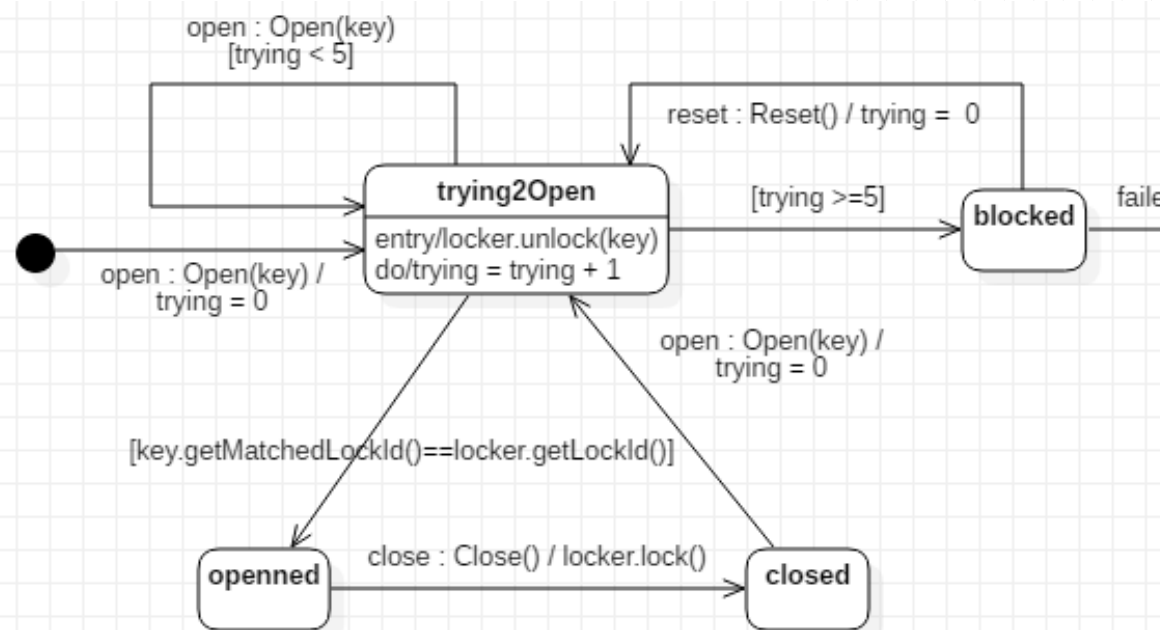
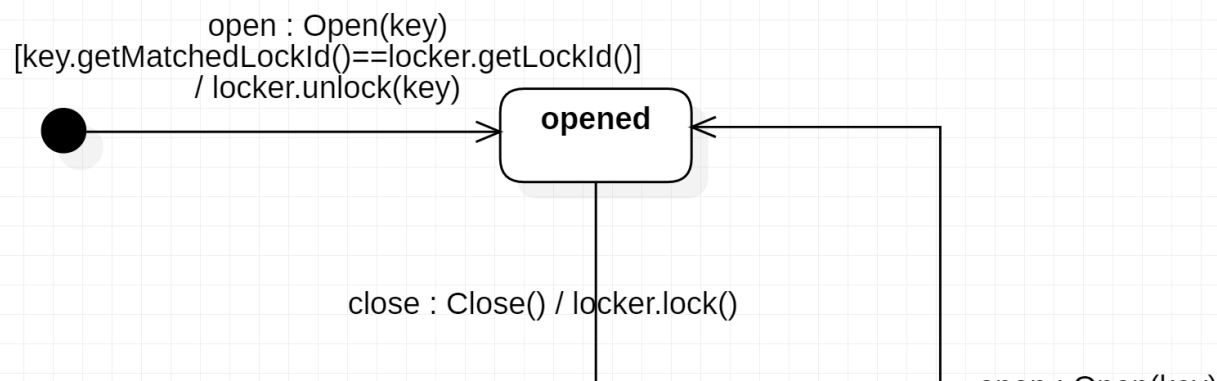
UML状态图模型

- 状态迁移与程序代码的对应
 - 从源状态来看
 - Trigger: 方法调用或者事件通知
 - Guard: 调用时的相关检查
 - 从目标状态来看
 - Trigger: 方法体
 - Guard: 方法入口处的检查
 - Effect: 方法执行后的效果, 即迁移到目标状态
- 状态动作与程序代码的对应
 - 对应到方法, 通常外部用户不会调用, 对象为了满足相关规格而实施的行为
 - 要求不改变对象状态

Case Study: Door状态模型

- 顶层状态

- opened, closed



在UML模型层次理解状态机模型

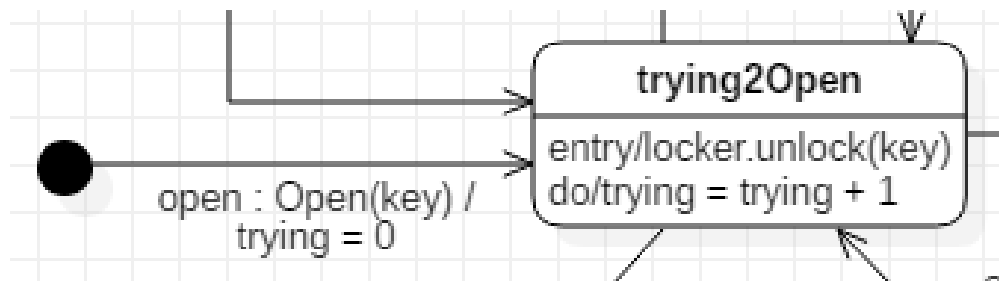
- UMLClass
 - ownedElements
 - UMLAssociation
 - UMLConstraint
 - UMLGeneralization
 - **UMLStateMachine**
 - attributes
 - operations
- UMLStateMachine: object container
 - ownedElements
 - UMLStatechartDiagram
 - regions: {UMLRegion}
 - Vertices: {UMLState}
 - Transitions: {UMLTransition}

```
_type : UMLClass
_id : AAAAAAFqpiMge7NXBnk=
▶ _parent {1}
name : Door
▼ ownedElements [5]
▶ 0 {5}
▶ 1 {6}
▶ 2 {5}
▼ 3 {6}
    _type : UMLStateMachine
    _id : AAAAAAFqyONLFL1V140=
    ▶ _parent {1}
    name : simpe_sm
    ▶ ownedElements [1]
    ▶ regions [1]
▼ 4 {6}
    _type : UMLStateMachine
    _id : AAAAAAFqyQWs9L3/cek=
    ▶ _parent {1}
    name : complex_sm
    ▶ ownedElements [1]
    ▶ regions [1]
▶ attributes [5]
```

在UML模型层次理解状态

- UMLState

- name
- entryActivities: {UMLOpqueBehavior}
- doActivities: {UMLOpqueBehavior}
- exitActivities: {UMLOpqueBehavior}



_type : UMLPseudostate

_id : AAAAAAFqyeEMPTDVjII=

► _parent {1}

kind : ☐ initial

_type : UMLState

_id : AAAAAAFqyeFWgDDmGrM=

► _parent {1}

name : trying2Open

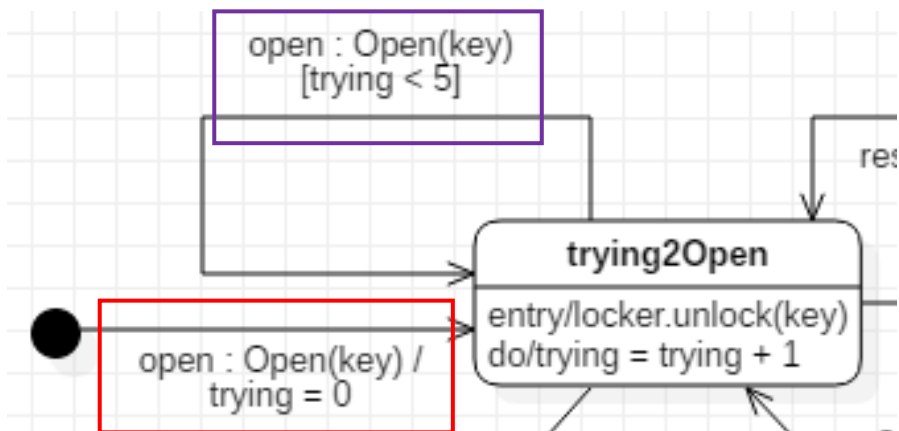
► entryActivities [1]

► doActivities [1]

在UML模型层次理解状态迁移

- UMLTransition

- UMLEvent
- UMLGuard
- UMLOpaqueBehavior



`_type : UMLTransition`

`_id : AAAAAAFqyeMDizGdIG4=`

▶ `_parent {1}`

`name : open`

▼ `source {1}`

`$ref : AAAAAAFqyeFWgDDmGrM=`

▼ `target {1}`

`$ref : AAAAAAFqyeFWgDDmGrM=`

`guard : trying < 5`

▼ `triggers [1]`

▼ `0 {4}`

`_type : UMLEvent`

`_id : AAAAAAFqye1oTDJqUtU=`

▶ `_parent {1}`

`name : Open(key)`

`_type : UMLTransition`

`_id : AAAAAAFqyeLuBjGMJ9M=`

▶ `_parent {1}`

`name : open`

▼ `source {1}`

`$ref : AAAAAAFqyeEMPTDVjII=`

▼ `target {1}`

`$ref : AAAAAAFqyeFWgDDmGrM=`

▼ `triggers [1]`

▼ `0 {4}`

`_type : UMLEvent`

`_id : AAAAAAFqyeaLTIrDKQ=`

▶ `_parent {1}`

`name : Open(key)`

▼ `effects [1]`

▼ `0 {4}`

`_type : UMLOpaqueBehavior`

`_id : AAAAAAFqyetqrDJRthg=`

▶ `_parent {1}`

`name : trying = 0`

作业分析

- 给定UML模型
 - 类图、顺序图、状态图
- 提供模型文件解析包
 - 从UML模型文件中提取所关注信息，形成标签对象容器
 - 每个标签对象提供的信息：{<property, value>}
 - 标签对象容器提供迭代器
 - 标签对象提供迭代器
- 提供查询接口，要求同学们实现
 - 迭代访问对象容器中的对象和对象信息
 - 按照_id, _parent, _ref建立层次关系和引用关系
 - 按照对象类别恢复模型语义信息