

# 递归和复杂用户界面的设计模式

张小涛, 万建成, 侯金奎, 冯仕红

(山东大学计算机科学与技术学院, 济南 250061)

**摘要:** 当前界面设计模式难以表达复杂界面结构, 不能满足在同一有限区域展示多项内容或具有层次结构内容的需求。为增强界面设计模式对复杂界面的支持能力, 按普通模式、简单组合模式和重叠组合模式的划分方法总结和扩展界面设计模式, 提出一种递归界面设计模式。该模式支持复杂界面设计和目标代码的自动生成。

**关键词:** 递归用户界面; 重叠组合模式; 代码生成; 模型驱动; 设计模式

## Design Pattern of Recursive and Complex User Interface

ZHANG Xiao-tao, WAN Jian-cheng, HOU Jin-kui, FENG Shi-hong

(School of Computer Science and Technology, Shandong University, Jinan 250061)

**【Abstract】** Current UI design patterns have some deficiencies in describing complex user interface, which can not display several contents on one finite area or display hierarchical contents. In order to improve the expressive ability of UI design patterns and perfect the abstract expression and visual display of UI, this paper summarizes and extends the current UI design patterns from common pattern, simple-combine pattern and overlapped-combine pattern, and proposes a design pattern for recursive UI. It can be used for designing complex UI, and it also supports the target code generation.

**【Key words】** recursive user interface; overlapped-combination pattern; code generation; model-driven; design pattern

### 1 概述

在模型驱动的软件开发中有多种界面设计方法。文献[1]认为界面由静态结构和动态行为构成, 提到动态行为的顺序性和层次性, 但未认识静态结构的有序性和层次性; UMLi<sup>[2]</sup>中自由容器是顶层容器, 包含其他所有部件, 自身不能被包含; 容器提供组合交互类的机制, 但未提到容器之间的包含关系, 因此不能构造递归界面。

对设计模式的运用, 文献[3]将设计模式分类收集, 并给出具体设计模式, 其侧重于分类和简单描述, 未挖掘内部原理, 也未涉及具体实现和使用。PD-MBUI<sup>[4]</sup>将模式与模型结合, 克服了基于模型界面开发的局限性, 但只提供界面基本元素的设计模式。

对复杂界面技术, 文献[5]将缩放界面和动态递归嵌套的组件结合, 形成嵌套组件, 可在不同层次以不同缩放比例访问不同控件。只将其作为组件, 并未模式化并用于界面设计环境。文献[6]借用递归容器的概念, 设计相应的对象系统和图形展示结构, 主要支持活动对象编程研究, 未考虑如何用于界面设计。

结合设计模式和复杂界面技术, 本文构造一种基于模型驱动和代码生成的递归界面设计模式, 它支持递归和复杂界面的设计。

### 2 递归界面的含义

用户界面可视为由多个界面子区域组成。界面的内容和功能在各子区域以一定形式展示和实现。子区域是完整的界面, 具有界面的一切属性, 也可包含多个子区域。这些子区域的结构一般是简单平面结构, 即内容直接在界面上展示, 不存在界面包含界面这种具层次结构的嵌套关系; 某些子区

域可能嵌套包含另一些子区域, 这些嵌套包含的子区域可以再包含子区域, 形成递归的嵌套层次。每层都是对完整界面的划分, 某些子区域可能进一步划分或包含多个子区域。

文献[5]提到2种嵌套结构:

(1)层次性的控制结构。如在字处理软件中, 为编辑字体, 需逐个打开相应的属性对话框进行设置;

(2)除层次结构外, 还提供在同层访问多种控件的机制, 如前面提到的字体设置, 某属性对话框可能包含多个不同面板, 可通过标签进行访问。

这些嵌套层次中每层都是完整的界面。这些界面又可有自己的嵌套子界面。嵌套的层数可以是多层, 最终形成递归界面。

### 3 递归界面设计模式

#### 3.1 界面交互模型

按面向对象观点, 将界面相关的功能和数据抽象为对象。这些对象是对一般对象模型通过添加界面相关属性进行扩充而来。交互模型从对象之间的交互关系出发描述界面, 表达界面逻辑构成元素间的交互关系, 是界面的内部模型。交互对象的组成和行为选择依据对象模型提供的类型和界面处理特性; 它们间的行为则依据对象间的逻辑依赖关系。

交互模型可用有向交互图  $G$  来表示, 如  $G = \langle V(G), E(G) \rangle$ ,

**基金项目:** 山东省科技发展计划基金资助重点项目(2006GG2201009)

**作者简介:** 张小涛(1982 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 软件工程; 万建成, 教授、博士生导师; 侯金奎、冯仕红, 博士研究生

**收稿日期:** 2007-08-30 **E-mail:** colinzx@126.com

$G$ ，其中， $V(G)$ 是交互对象集合； $E(G)$ 是交互关系集合； $G$ 是从交互对象有序偶集到交互关系集合  $E$  上的函数，即  $G: V \times V \rightarrow E$ 。

前面提到可划分界面为若干子区域，把这些子区域抽象为展示对象，整个界面由展示对象及对象间的交互构成。

展示对象来源于交互模型，包含可直接操作的界面展示单元和界面功能。一个展示对象，据其性质有多种展示形式，如自由展示、树展示和表展示。它被指派到界面后，对应界面以相应形式展示。依据交互模型，用展示模型建立内部对象和外部显示元素的关系，在界面模板和参数化支持下，规划界面构成和布局，实现界面设计。

### 3.2 递归界面设计模式的原理

对界面复杂度可依据界面展示内容及其结构分类如下：

(1)界面内容是平面结构还是层次结构；(2)界面内容是独立还是与其他相关联。

对界面设计模式可分为：

(1)普通模式。平面结构的独立界面，如表展示、树展示。现有界面设计模式，如对 23 种经典设计模式的运用，Welie<sup>[3]</sup>的设计模式，还有 PD-MBUI<sup>[4]</sup>中的模式，可归为此类。针对它们可抽象出一个模式，称为普通模式。该模式中展示对象是普通对象，也是基本对象，对象属性为基本类型，没有对象的嵌套关系。指派该对象给界面后，直接以一定形式在整个界面内展示对象的可视元素。

(2)简单组合模式。平面结构且内容有一定关联或需一起展示，如按钮组、概要与详细信息等，针对这类可抽象出一个模式，称简单组合模式。该模式中展示对象是普通组合对象，该对象由若干普通对象组合而成，只有一层嵌套。把它指派给某区域后，该区域可再分割，分割得到的子区域可指派该对象的子对象。

(3)重叠组合模式。具层次结构或需在同一区域展示多项内容，如多级导航菜单、多层属性页，针对它们可抽象出一个模式，称重叠组合模式。该模式中展示对象是重叠组合对象，该对象由普通对象和组合对象(分普通组合和重叠组合)，或组合对象和组合对象组合而成，嵌套层次至少为 2 层。把该对象指派给某区域后，该区域就变为多个界面重叠而成，它们可覆盖显示，也可分页展示，每次仅显示一个界面。对每个界面，可指派该组合对象的子对象。指派后，依被指派对象类型又可进行相应操作，直到每个界面都是可直接展示的对象。这种操作依对象的递归结构是一递归处理过程。

如图 1 所示，指派给界面 1 的展示对象是重叠组合 2，它由普通组合 1、重叠组合 1 和普通对象 1 组合而成。指派后，界面 1 自动生成 3 个子界面(界面 11, 12, 13)。这些子界面和界面 1 占据同一块区域，以覆盖形式或分页形式展示。对子界面 11，指派普通对象 1 后直接展示；对子界面 13，指派普通组合对象 1 后可进行界面分割并指派对象；对子界面 12，指派重叠组合对象 1，指派后界面 12 自动生成 2 个子界面(界面 121 和界面 122)，对这 2 个子界面指派对象后继续同样的递归处理。

重叠组合模式中展示对象对应的界面有一个子界面链表，存放属于该界面的、指派了该对象的子对象的子界面。这些界面在同一区域展示，可指定要展示的界面。如展示形式有覆盖显示和分页显示。覆盖显示用环境菜单或“上一页”、“下一页”等按钮或超链接实现页面间的跳转。分页显示用 Tab 控制页面间的跳转，见图 2。

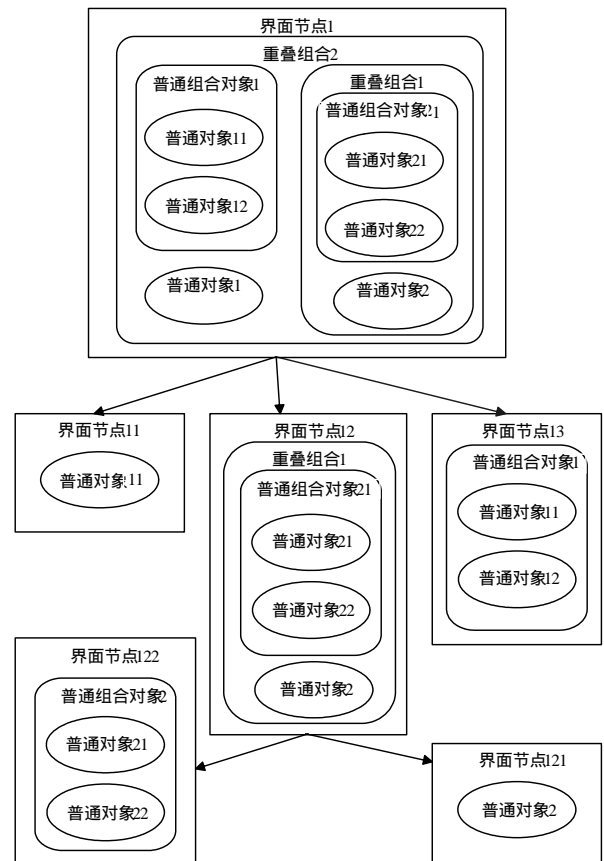


图 1 重叠组合模式原理

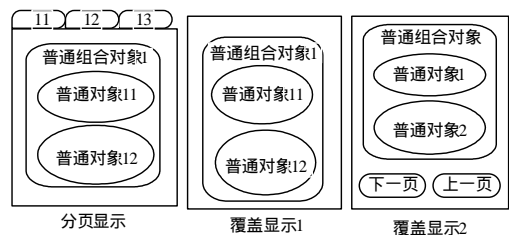


图 2 重叠组合模式的展示形式

普通模式是基本设计模式；简单组合模式在普通模式基础上有一个嵌套层次的组合；重叠组合模式在普通模式和简单组合模式基础上可有多个递归嵌套层次的组合。

### 3.3 递归界面设计模式的设计

#### 3.3.1 界面抽象描述

界面描述如下：

$\langle \text{界面} \rangle := \langle \text{模型} \rangle + \langle \text{展示} \rangle + \langle \text{行为} \rangle$

其中， $\langle \text{模型} \rangle$ 为界面展示和操作的内部数据模型； $\langle \text{展示} \rangle$ 为界面内容的展示形式； $\langle \text{行为} \rangle$ 为界面相关事件响应和功能。

也可将界面看成由多个 $\langle \text{子界面} \rangle$ 构成，各子界面有相对独立的内容和形式：

$\langle \text{界面} \rangle := \langle \text{子界面} \rangle^* + \langle \text{关联} \rangle$

$\langle \text{子界面} \rangle := \langle \text{界面} \rangle$

$\langle \text{关联} \rangle$ 为子界面间的关系。用 $\langle \text{关联类型} \rangle$ 表关联类别。

按界面内容的从属关系，可分为主界面和从界面。主界面和从界面的内容相互影响，描述为：

$\langle \text{关联类型} \rangle := \{ \langle \text{主界面} \rangle, \langle \text{从界面} \rangle \}$

从界面布局分析，多界面可按各自展示空间以相邻而不重叠的方式显示，即平铺显示；可以一定频率交替显示，即交替显示；可以类似 Tab 页的形式展示，即分页显示；可是多展示区域在同一区域展示，一次展示一个，即重叠显示。

描述如下：

<关联类型> := {<平铺显示>, <交替显示>, <分页显示>, <重叠显示>}

从设计模式的角度可将展示分为基本模式、简单组合模式和重叠组合模式，如下：

<模式> :=  
 {<基本模式>, <简单组合模式>, <重叠组合模式>}  
 <简单组合模式> := {<基本模式>}\*  
 <重叠组合模式> :=  
 {<基本模式>, <简单组合模式>, <重叠组合模式>}\*

展示对象表示为

<展示对象> := <名字> + <属性> + <方法> + <类型>

其中，<类型>为界面展示形式；<属性>指需展示的各字段，字段可是基本类型，如文本，也可以是来源于其他对象的数据，如从数据库中获取；<方法>定义了操作和响应事件。

### 3.3.2 递归界面的构成对象

用 Interface 表示界面，它被分割成多个界面节点(或称子界面)AreaNode，每个节点可指派零个或多个展示对象或关系对象。关系对象 RelObj 描述不同界面区域间的交互和关联。展示对象 RepObj 有 3 类子对象：普通对象 ComRepObj，普通组合对象 SimComRepObj 和重叠组合对象 OverlappedComRepObj。如图 3 所示，这 3 类对象自身的构成及之间的关系表达了界面的复杂构成。

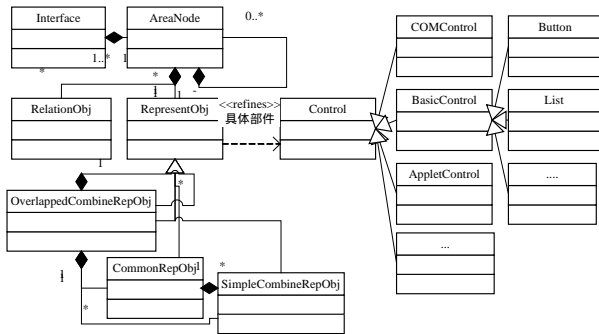


图 3 界面构成对象

展示对象的构成如图 4 所示。Method 描述相关功能和事件。PropertyLink 为对象属性及其与其他对象属性间的关系。Property 描述界面内容和展示形式，分为普通属性和特殊属性。CommonProperty 表各控件共有的普通属性，它有 4 大类，用普通属性的子类表示：BasicProperty 表示名称和风格等属性；Location 表示位置属性；Margin 表示边距属性；Layout 表示界面的布局控制属性，如布局策略。

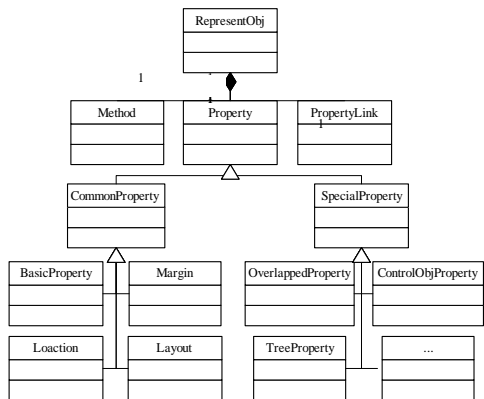


图 4 展示对象的构成

SpecialProperty 表示特殊展示形式的属性；如 ControlObjProperty 表示参数控制对象属性；TreeProperty 表示树展示属性；OverlappedProperty 表示重叠展示属性，如重叠展示的页数和默认显示页数等，还有相关方法，如页的增删。

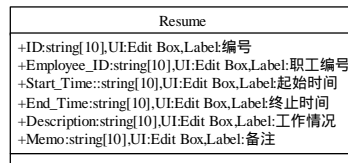
### 3.3.3 递归界面的展示

界面展示通过展示对象来实现，而展示对象通过具体控件进行展示。展示对象的属性据其展示方式对应若干个具体控件，如 TextBox 对应文本框。具体控件用 Control 表示，它有多个子类，如展示组件的 COMControl、展示 Applet 的 AppletControl 和展示基本控件的 BasicControl。Basic Control 包括 Button 这样的基本控件。这些子类随展示部件的不断丰富，可进行扩展。

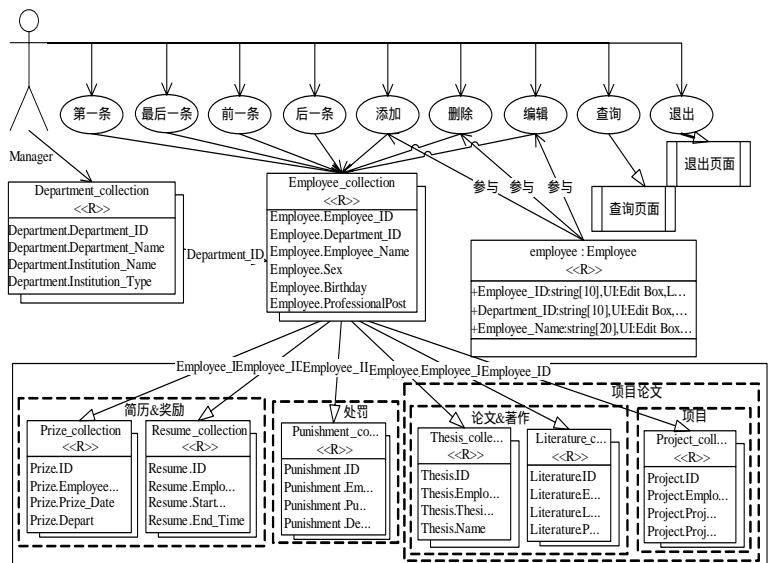
每个普通对象生成一系列具体控件，这些控件以各自形式共同展示界面内容，实现界面功能；每个普通组合对象的子对象转换为一系列具体控件在对应子界面中展示，这些子界面以一定关联关系构成整个界面；每个重叠组合对象根据其嵌套层次，从下到上为每层子对象生成具体控件。每一层有一个组合控件容纳属于该层的子对象所生成的具体控件。最外层有一个总控件容器容纳所有具体控件。

## 4 实例

基于用户界面生成系统 AUI 设计对象模型、交互模型和界面模型。界面模型设计包含区域分割、展示对象指派和属性编辑。图 5(a)是对象模型中的对象，图 5(b)是交互模型。其中交互对象“个人信息”是重叠组合对象，其嵌套构成表示为：个人信息(项目论文{论文&著作{论文,著作},项目},简历&奖励{简历,奖励},处罚)，即个人信息由项目论文、简历&奖励和处罚重叠组成；项目论文又由论文&著作和项目重叠组成，论文&著作由论文和著作简单组成；简历&奖励由简历和奖励简单组成。



(a)对象模型中的对象



(b)交互模型

图 5 对象模型和交互模型

(下转第 57 页)