

面向对象的机械系统虚拟人机界面建模方法的研究

宋正河 毛恩荣 周一鸣

(中国农业大学工学院,北京 100083)

摘要 针对机械系统虚拟人机界面的设计问题,应用面向对象技术和方法,将机械系统虚拟人机界面划分为多个相互关联的类和对象,定义了各个类和对象的属性及服务,确定了类与对象之间的层次结构关系,在此基础上搭建了虚拟人机界面的设计构架。选取某一车辆驾驶室人机界面作为设计实例,验证了面向对象的机械系统虚拟人机界面的建模方法。结果表明:该建模方法能够实现对人机界面各个元件的组织管理,正确体现各元件的相互关系。应用面向对象的建模方法可以提高机械系统虚拟人机界面设计软件系统的可靠性、可维护性和可扩充性。

关键词 机械系统;虚拟人机界面;面向对象技术

中图分类号 TB 18

文章编号 1007-4333(2005)05-0069-04

文献标识码 A

Modeling method of virtual human-machine interface in mechanical system based on object-oriented technology

Song Zhenghe, Mao Enrong, Zhou Yiming

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Applying object-oriented technology, virtual human-machine interface in mechanical system was defined by interdependent classes and objects, whose attributes and services were defined and hierarchy relationships among which were confirmed. And then the frame of virtual human-machine interface was constructed, and its object-oriented design was realized with the aid of computer. Through this method, the human-machine interface of a vehicle cab was designed as an instance. Results showed that every element of the interface could be managed easily, the relationships among elements could be expressed clearly, and the dependability, maintainability and expandability of human-machine interface were improved.

Key words mechanical system; virtual human-machine interface; object-oriented technology

本研究所提及的机械系统人机界面是指,面向一般机械系统的操作人员与机器之间相互作用的几何位置布置区域,其设计匹配的合理程度对机械系统运行安全性、系统工效,以及操作人员的健康和舒适度都有重要的影响。随着计算机技术和软件工程学的发展,人机界面的设计也开始逐步实现从基于原型的设计方法到基于计算机的设计方法的转变。就计算机技术在人机界面设计中的应用而言,当前主要集中在计算机辅助设计、专家系统和人工智能领域^[1-8],这些设计多以单因素为主,或针对某一特定的人机界面,并且其设计一般应用客观的人机工

程设计理论和设计规则加以实现,整个设计过程没有操作人员主观因素的干预,具有一定的应用局限性。为了解决人机界面中操作人员主观因素的影响问题,研究人员进行了一系列有关人体模型的研究,面向对象技术得到了充分的应用^[9-10]。将面向对象技术应用于一一般机械系统整个虚拟人机界面的设计,目前还未见相关研究报道。

本研究将面向对象技术引入机械系统虚拟人机界面的设计中,充分利用面向对象设计方法中的封装性、继承性和多态性特点^[11],管理人机界面各元件的属性,包括元件的构造、布置位置、动态属性等。

收稿日期:2005-02-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59575039)

作者简介:宋正河,博士,讲师,主要从事车辆工程和人机工程研究,E-mail:songzhenghe@cau.edu.cn

应用面向对象的机械系统人机界面建模方法,可以根据不同机械系统的需要,随意增删虚拟人机界面的构成元件,使所设计的人机界面各元件既具有独立性,又彼此之间相互关联,在计算机上设计出不同机械系统的虚拟人机界面^[12-13]。

1 机械系统人机界面构成要素

机械系统人机界面的设计包含众多因素,不同的机械系统,其人机界面不同。根据人机工程学的基本原理和人机界面的设计原则,考虑一般机械系统人机界面的特点和设计要求,确定其构成要素(图1)。

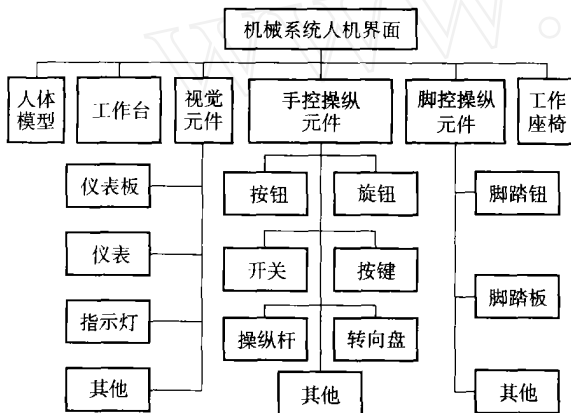


图1 机械系统人机界面的构成要素

Fig.1 Primary factors of human-machine interface in mechanical system

2 虚拟人机界面类的定义

2.1 基类

在同一个机械系统中,人机界面各元件都具备一些共同的布置参数和人机工程学设计属性。为方便设计,本研究应用面向对象技术的继承性特点定义了一个基类 CArrange,人机界面其他元件类都是这个基类的继承类。CArrange 类定义如下:

```
class CArrange
{
...
public:
    CString m. Name;    元件名称
    double m. Frequency;  元件的使用频率
    double m. Importance;  元件的重要性
    double m. PositionX;  元件安装位置的 x 坐标
    double m. PositionY;  元件安装位置的 y 坐标
    double m. PositionZ;  元件安装位置的 z 坐标
```

```
double m. AngleX;    元件绕 x 轴的旋转角度
double m. AngleY;    元件绕 y 轴的旋转角度
double m. AngleZ;    元件绕 z 轴的旋转角度
...
};
```

2.2 人体模型类

人机界面设计不同于其他设计的最主要的一点就是必须首先设计人体模型,没有人体模型的参与,人机界面的设计是不完整的。针对不同尺寸的人体模型,人机界面的设计结果差异很大。依据 GB 10000—88《中国成年人人体尺寸》规定的我国人体标准数据,设计了三维人体模型。其人体模型类 CBody 的定义为:

```
class CBody : public CArrange
{
...
public:
    int m. HumanPercent;  人体模型的百分位尺寸
    int m. HumanAge;    人体模型的年龄
    int m. HumanSex;    人体模型的性别
    int ID Key;    人体模型的标识号
...
};
```

2.3 工作座椅类

根据对一般机械系统人机界面构成元件的类和对象的分析定义,人机界面设计一般包括工作台类、视觉元件类、手控操纵元件类、脚控操纵元件类和工作座椅类,这些类基本上包含同样的对象属性和服务。以工作座椅类为例,说明元件类的定义方法。

```
class CChair : public CArrange
{
...
public:
    double m. CHeight;    工作座椅的高度
    double m. CWidth;    座面的宽度
    double m. CDepth;    座面的深度
    double m. CAngle;    靠背的倾斜角度
    double m. CKbHeight;  靠背的高度
    char m. Name1[40];    工作座椅类元件的名称
    int ID Key;    工作座椅类元件的标识号
...
};
```

3 虚拟人机界面对象的实现

机械系统人机界面的人体模型和各元件类的对象以如下方式定义。

CBody * BodyData; 定义人体模型类的对象

BodyData = new CBody; 为定义的人体模型对象动态分配内存指针

CChair * ChairData; 定义工作座椅类元件的对象

ChairData = new CChair; 为定义的工作座椅类元件对象动态分配内存指针

以此类推,可以定义人机界面中工作台类、视觉元件类、手控操纵元件类和脚控操纵元件类等元件类的对象。

4 虚拟人机界面类和对象的层次结构

在面向对象技术中,结构是指多种对象的组织方式,用来反映问题空间中的复杂关系,包括整体-部分结构和泛化-特化结构。机械系统虚拟人机界面中各种对象之间普遍存在着这 2 种结构。由于各种人机界面的不同元件组成了整个人机界面,所以在机械系统虚拟人机界面设计系统中使用整体-部分结构比较容易识别(图 2(a)),较高层次的类表示整体对象,较低层次的类表示部分对象,三角形标记表明整体-部分结构也是有向的,从三角形顶部引出的线段连接到整体对象,结构线的端点位置表明这是对象而不是类之间的关系。同时,该系统又有泛化-特化结构(图 2(b)),较高层次的类表示一般化概念,较低层次的类表示特定概念,半圆形标记表明

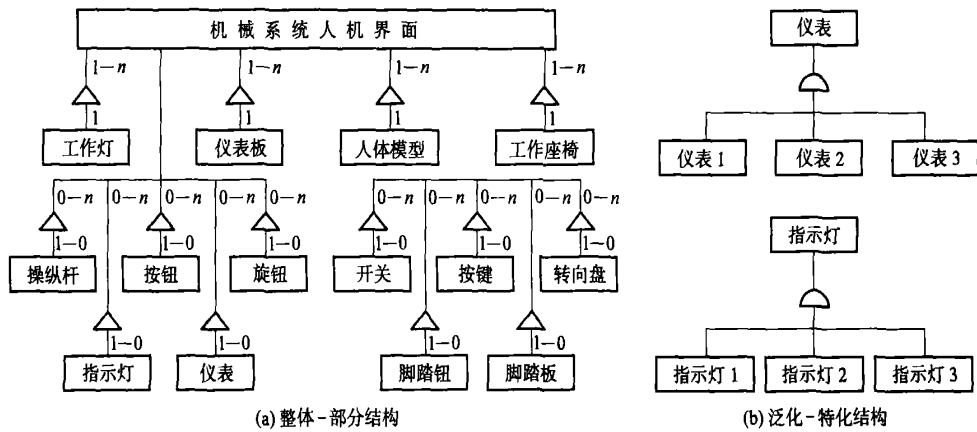


图 2 机械系统虚拟人机界面的整体-部分结构和泛化-特化结构

Fig. 2 Whole-portion and extensiveness-particular structures of virtual human-machine interface in mechanical system

泛化-特化结构是有向的,从半圆顶部引出的线段连接到泛化类,结构线的端点位置表明这是类而不是对象间的关系。

5 设计实例

将面向对象的机械系统虚拟人机界面建模方法应用于某一车辆驾驶室的人机界面设计软件系统,运用 OpenGL 三维图形程序设计方法和 Visual C++ 软件开发平台,参照国家标准 GB 10000—88《中国成年人人体尺寸》,设计了三维虚拟人体模型;按照驾驶室人机界面的实际几何位置尺寸,进行驾驶室人机界面各构成元件的设计与显示,最终在计算机上实现了其虚拟人机界面(图 3)。所设计的虚拟人机界面的各元件可以根据实际设计需要加以增

删、更改和移动,各元件彼此之间相互独立,某一元件属性的更改不影响其他元件的属性。

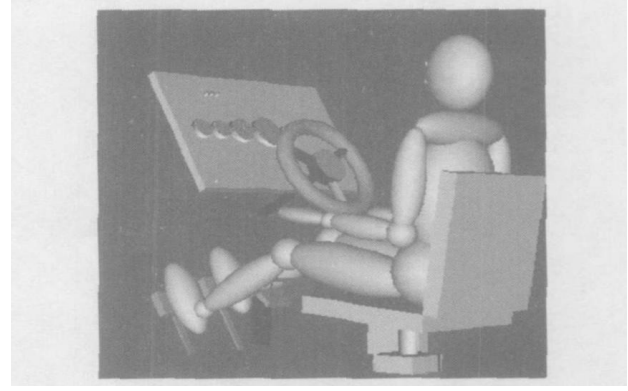


图 3 车辆驾驶室虚拟人机界面

Fig. 3 Virtual human-machine interface of a vehicle cab

6 结论与讨论

提出的针对一般机械系统虚拟人机界面的面向对象建模方法,将整个人机界面看成是由许多的元件类及其对象构成,应用面向对象的软件技术组织管理虚拟人机界面的多个元件,从设计思想上改变了传统的基于静态模板的人机界面设计方法。应用面向对象的人机界面建模方法的主要特点是能够使人机界面的各个元件之间彼此独立,改变其中任何一个元件的属性,不会影响其他元件的属性,因而可以根据不同的机械系统构建不同的人机界面,以便于实现软件系统的通用性。值得注意的是,本研究所提出的只是一种针对虚拟人机界面各元件的建模方法,应用这种方法,可以构造并管理人机界面的元件库,但无法实现整个人机界面的虚拟设计。设计基于原型的虚拟人机界面,还需要综合应用图形技术、数据库技术、数据结构和专家系统等计算机技术以及人机工程学原理和人机界面设计原则,这也是机械系统人机界面虚拟设计的后续研究内容。

参 考 文 献

- [1] Dan M P. Using man modeling CAD system and expert systems for ergonomic vehicle interior design [A]. In: Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association [C]. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 1997. 80~83
- [2] Porter C S, Porter J M. An "inside-out" approach to automotive design [A]. In: Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association [C]. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 1997. 90~92
- [3] Porter J M, Case K, Freer M T. Recent applications of SAMMIE system [A]. In: Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association [C]. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 1997. 93~95
- [4] Pault B M. A computer-aided panel layout procedure for process control jobs-LA YGON [J]. IIE Transactions, 1985, 17(1): 84~93
- [5] Jensen H. The process of selecting a man-machine interface software package for use in a process control system [J]. ISA Transaction, 1992, 31(3): 101~110
- [6] 付世波,袁修干. 驾驶员操作域的计算机辅助判定 [J]. 汽车工程, 1996, 18(6): 330~332
- [7] 袁苗龙,周济,高三德. 利用 CSP 技术辅助汽车驾驶室内布置方案设计 [J]. 汽车工程, 1996, 18(6): 338~342
- [8] 黄金陵,李炭,邵立,等. 车身内部布置 CAD 系统及其应用 [J]. 汽车技术, 1998, (5): 8~11
- [9] Jung E S. An object-oriented anthropometric database for developing a man model [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(2): 103~110
- [10] 林建. 机械系统人机界面评价指标的研究 [D]. 北京:中国农业大学, 1998
- [11] Coad P, Yourdon E. 面向对象的设计 [M]. 邵维忠等译. 北京:北京大学出版社, 1994
- [12] 宋正河. 机械系统人机界面优化设计方法的研究 [D]. 北京:中国农业大学, 2000
- [13] 顾文艳. 机械系统人机界面虚拟设计方法的研究 [D]. 北京:中国农业大学, 2002