

文章编号:1674-2869(2012)1-0048-05

虚拟现实环境下的工控界面构件封装

杨红¹, 付帅¹, 许银萍¹, 何岭松²

(1. 武汉工程大学机电工程学院, 湖北, 武汉 430074;
2. 华中科技大学机械科学与工程学院, 湖北, 武汉 430074)

摘要:在分析 X3D 扩展机制的基础上, 针对 X3D 环境下不同类型的工控界面构件, 提出了具体的封装实现方法。对一些非可视构件, 以内节点扩展为主; 对单纯的几何结构类可视构件, 可基于内联机制, 以单独的造型文件形式进行封装; 对具有复杂行为特征的智能可视构件, 则以原型节点和脚本扩展形式, 实现造型和行为的集成封装。以一个智能仪表构件为例, 重点探讨了智能构件的封装实现过程。

关键词:虚拟现实; X3D 扩展; 工业监控; 界面系统; 构件封装; 智能构件

中图分类号: TP273.5

文献标识码: B

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2012.1.010

0 引言

以计算机为核心的工业综合自动化生产是制造业的主要生产控制方式, 基于智能虚拟环境的工业监控人机交互技术, 可对现有工控系统的二维图形用户界面环境进行有效“增强”, 增加信息交互的维度和智能化程度, 成为工业自动化软件发展的关键技术之一^[1]。X3D(eXtensible 3D)是新一代的网络虚拟现实技术标准, 是 VRML 技术的继承和发展, 将 X3D 与 Internet 技术相结合应用于工控界面系统, 可实现工业生产的远程、三维监视与控制, 并可基于成熟的标准技术, 有效提高系统开放性^[2-4]。但在具体应用中, X3D 规范采用树形嵌套式的场景描述, 系统构模能力差, 要在标准系统提供的基本几何节点的基础上实现较为复杂的生产环境建模, 开发周期长, 虚拟效果差。同时, 场景单元实体的造型与行为的分离, 也使得整个系统结构复杂, 开发效率和执行效率低。

X3D 虚拟现实技术融入工业监控体系可有效增强工控界面的表现力和交互能力。界面构件的有效封装, 是界面场景快速开发的基础。X3D 与多 Agent 系统(MAS)具有很好的一致性, 基于 Agent 建模方法, 可采用划分基本行为模块的方法, 对 X3D 环境下的界面对象进行独立描述和集成封装, 并可有效提高界面系统智能化程度^[5]。X3D 虚拟界面环境是基于界面构件组装而成, 基于界面

系统多 Agent 模型, 实现 X3D 环境下的个体 Agent 封装, 建立界面构件库, 是界面场景快速开发的基础。可扩展性是 X3D 的重要特性, X3D 支持多种扩展方式, 为不同类型的界面构件封装提供了实现途径。

针对 X3D 环境下的界面构件封装, 本文首先分析了 X3D 的多种扩展机制, 基于界面系统多 Agent 模型, 探讨了 X3D 环境下不同类型界面构件封装的一般技术, 并重点分析了具有复杂行为特征的智能构件的封装实现方法, 给出了一个智能仪表构件的封装实例。

1 X3D 的扩展分析

X3D 支持充分的扩展性, 除了基于开放的标准体系, 支持特定应用领域的专用标准集扩展, X3D 在标准体系内也提供了多种扩展机制, 支持诸如造型功能扩展、原型节点扩展和脚本编程扩展等^[6]。X3D 的扩展体系如图 1 所示。

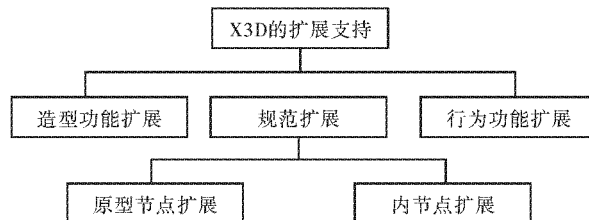


图1 X3D 的扩展体系

Fig. 1 Extension system of X3D

收稿日期: 2011-12-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(50275061); 湖北省教育厅重点科研项目(D20101501)。

作者简介: 杨红(1971-), 男, 湖北当阳人, 副教授, 博士。研究方向: 机械设备智能监控、虚拟现实技术及应用、新型高效过程装备等。

1.1 X3D 规范扩展

X3D 规范扩展主要有两种形式,一是基于规范原型机制的原型节点扩展,简称原型节点扩展;一是规范语言级的扩展,又称为内节点扩展。

原型(Prototype)是 X3D 规范提供的一种标准扩展机制,用户可以通过原型机制扩充 X3D 标准节点类型集。构造原型是通过规范中的标准节点进行组合、变换、添加交互或使用脚本编程等实现的。通过构造原型,可以创建出功能各异的新节点,为构造个性化场景提供了极大方便。原型是 X3D 系统扩展的一种有效方法,可实现代码重用、节点扩展、造型与行为打包等功能。原型机制虽然可以实现用户自定义节点的有效扩展,但原型设计的基础是 X3D 系统的标准节点,原型使用仍然限制在原有的事件体系中,对原型节点的访问和控制也仍然限制在 X3D 浏览器内部,使节点扩展在实现形式和扩展功能上受到一定限制。

X3D 的构件化结构保证了开发者可以按照标准规范的一致性原则根据自己的需求开发自己的节点、组件并定义新的概貌(Profile),达到从“语言级”扩展 X3D 的目的,该种扩展称为内节点扩展。内节点扩展针对性强、使用方便、执行效率高,特别适合于一些特定领域、特定功能的应用扩展。内节点扩展除了根据特定的功能要求,按照 X3D 规范对节点进行语法、语义定义,还要对特定的浏览器进行相应的功能扩展,以实现对新节点的应用支持。

1.2 实体造型功能扩展

场景单元的几何造型是虚拟现实环境实现的基础。X3D 自身的造型功能不强,只提供几个基本的造型节点,但目前主流的 3D 造型软件,如 3DMAX、Pro/E、UG 等都有支持 X3D 的接口,一些复杂的三维造型可以利用这些第三方的造型软件进行前期制作,再基于造型软件的文件转换接口生成 X3D 格式的造型文件。独立的造型单元文件可利用 X3D 的内联(Inline)机制组装到虚拟场景主文件中,以弥补 X3D 本身造型功能的不足。基于 X3D 的内联机制,可将复杂的 X3D 场景文件分割成相对简单的一些独立的场景造型文件,分别设计并存储,使用时再将其组装融合在一起,以简化复杂场景的设计与调试,并方便维护与多人开发。

1.3 基于脚本编程的 X3D 行为功能扩展

脚本(Script)节点实际上是一个外壳,它包含一组利用脚本描述语言,如 Java、JavaScript 或 VmlScript(由 SGI 公司开发的一种类似于 Java 的脚本编程语言)编写的函数或方法。脚本节点收到

事件后将执行相应函数,函数则通过常规的路由机制发送事件,也可直接向脚本节点指向的任意节点发送事件。脚本还可以动态地增删路由,从而修改事件体系的拓扑结构。因此,脚本节点可看作一个智能节点,它以脚本编程的方式实现对事件的高层处理和动画的扩展控制。

2 界面构件的封装实现方法

2.1 X3D 界面系统多 Agent 模型

基于 X3D 与多 Agent 系统的一致性,本文建立的工控界面 MAS 框架体系如图 2 所示^[5]。按其功能,系统 Agent 可划分为界面 Agent 组和系统维护 Agent 组。界面 Agent 组用于构建界面交互环境,主要包括构造虚拟操作场景的各种设备 Agent(Devices Agent)、实现虚拟场景与外部监控环境数据交互的 DAQ Agent、实现必要的数据处理和故障诊断功能的 Data Agent 等。在 Devices Agent 组中,按功能又可分成设备实体类 Agent、控制仪表类 Agent、厂房等辅助构件类 Agent 等。

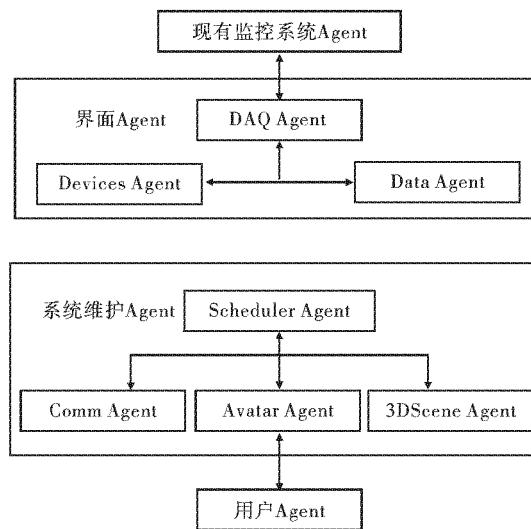


图2 工控界面 MAS 总体结构

Fig.2 The MAS framework of IMC system

X3D 环境下的个体 Agent 结构包括一组事件接口、一组脚本函数和一组域值属性,并通过建立事件-脚本函数关系来实现相应的事件-任务模型,以扩展节点的形式实现个体 Agent 的封装。

2.2 基于 X3D 扩展的 Agent 实现

针对 X3D 的多种扩展方式,考虑到几何造型以及行为封装实现的便利程度,对一些非可视 Agent,如 DAQ Agent 等,以内节点扩展(语言级扩展)实现为主,如笔者扩展实现的网络通信节点^[7]。而对具有几何外观特征的可视 Agent,若为单纯的几何结构类 Agent,如厂房构件、结构类设备构件等,可基于内联机制,以单独的造型文件形

式进行封装,如笔者开发的过程装备仿真构件库^[8-9];若具有较为复杂的行为特征,如仪器、仪表、智能构件等,则以原型节点的形式进行封装,以脚本节点内嵌的脚本函数编程来实现 Agent 的行为功能.基于 X3D 扩展实现个体 Agent 封装的方法如图 3 所示.

非可视 Agent	具有行为特征的 可视 Agent	单纯结构类 可视 Agent
内节点扩展	原型节点扩展	造型文件扩展
X3D 系统平台 - MAS 系统框架		

图 3 基于 X3D 扩展的个体 Agent 封装方法

Fig. 3 Encapsulation method to individual agent
based on X3D extension

3 智能设备构件封装

智能仪表是工控系统中常用的参数显示控制单元,是一个典型的控制仪表类 Agent.本节以某

款智能显示调节仪为模型,建立一个通用的智能仪表构件.

3.1 构件模型规划

智能仪表几何模型参照某款智能显示调节仪,仪表面板包括 LED 数字显示区、运行状态指示区和仪表设置区等部分.仪表功能包括测量显示、智能控制和仪表设置三部分.它接收输入的参数测量值,作 LED 数字显示;内置 PID 算法模块,以测量值、设定值、PID 参数等为入口参数,进行 PID 运算,并输出控制值;对测量值进行上、下限越限报警指示,并实现位式控制功能;能设置仪表的相关控制参数和状态参数,以控制仪表行为.

按照上述功能描述,可对智能仪表构件的内部结构和外部接口进行设计,具体包括 Agent 的属性集、消息接口集以及执行方法集,对应于 X3D 原型的节点域、事件和脚本函数,如表 1 所示.

表 1 智能仪表构件原型接口定义

Tabel 1 Prototype interface define to intelligent instrument component

接口类型	接口名称	数据类型	操作类型	缺省值	功能描述
域	upLimit	SFFloat	普通域	40	位式控制上限值
	downLimit	SFFloat	普通域	0	位式控制下限值
	setValue	SFFloat	普通域	20	PID 调节设定值
	option	SFFloat	普通域	2	调节模式选择:0——无调节;1——位式调节;2——PID 调节
	T	SFFloat	普通域	0.5	采样周期(单位秒)
	outType	SFBool	普通域	TRUE	PID 输出类型选择:TRUE——位置式,FALSE——增量式
	P	SFFloat	普通域	1	比例放大系数
	TI	SFFloat	普通域	180	积分时间/s
	TD	SFFloat	普通域	60	微分时间/s
	dataDisplay	SFFloat	eventIn		测量值输入
事件	dataOutput	SFFloat	eventOut		控制变量输出
	initialize()				初始化函数,原型加载时调用,进行状态参数初始化
函数	processEvent(Event e)				事件处理函数,由 dataDisplay 入事件触发,完成相关控制算法

3.2 原型封装实现

智能仪表构件以原型形式进行封装,原型接口包括节点域和事件,还包括相关的执行函数.原型定义采用传统的 VRML 格式编码,基于 VRML97 核心库支持,构件的原型定义文件(intel_meter. wrl)节选如下:

```
#VRML V2.0 utf8
#原型接口定义
PROTO intel_meter [
    eventIn SFFloat dataDisplay #事件定义
    eventOut SFFloat outPut
    field SFFloat upLimit 40 #域定义
```

```
.....
]
#原型体定义
{ Transform { #造型体定义
    #脚本定义,基于 SAI 接口封装仪表行为
    DEF path Script{
        mustEvaluate TRUE
        field SFFloat upLimit1 IS upLimit #域定义
        .....
        #事件定义
        eventIn SFFloat dataDisplay1 IS dataDisplay #
        测量值输入
        eventOut SFFloat outPut1 IS outPut #控制值
```

```

输出
    eventOut SFColor color1 #上限指示灯状态
    (颜色)
    eventOut SFColor color2 #下限指示灯状态
    (颜色)
    eventOut MFString str #测量值显示文本
    url "danxian.class" #嵌入 Java 类,封装仪
    表行为
}
#建立路由
ROUTE path. color1 TO xiaodeng1. diffuseColor #
上限指示灯显示
ROUTE path. color2 TO xiaodeng2. diffuseColor #
下限指示灯显示
ROUTE path. str TO tex. string #测量值显示

```

本原型行为扩展基于 SAI 实现,相关的执行函数包含在脚本节点内嵌的 Java class 中,实现执行方法功能。

3.3 构件原型测试

原型测试的主要目的是测试智能仪表的数字显示和调节控制功能,主要内容有测量数据显示、报警指示和控制输出等。为便于扩展管理,本文涉及的原型扩展设计采用外部原型调用,测试时要建立一个对此原型的引用,然后赋予不同的域值或事件,使仪表依次处于各种工作状态以检查其功能。智能仪表构件测试环境如图4所示。

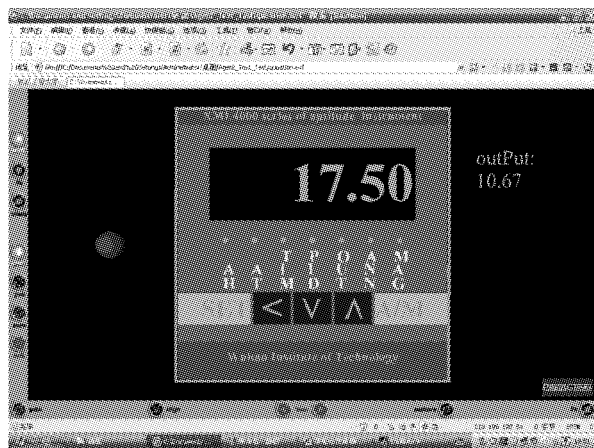


图4 智能仪表构件原型测试

Fig.4 Prototyp test to an intelligent instrument component

4 结 语

X3D 与多 Agent 系统具有很好的一致性,基于 Agent 建模方法,可对 X3D 环境下的界面构件进行独立描述和集成封装。基于 X3D 支持的多种扩展方式,不同类型的界面构件可采用不同的封装方法。对一些非可视构件,以内节点形式从语言

级扩展为主;对单纯的几何结构类可视构件,可基于内联机制,以单独的造型文件形式进行封装;对具有复杂行为特征的智能可视构件,则以原型节点的形式进行封装,以脚本节点内嵌的脚本函数实现构件的行为功能,可实现造型和行为的集成封装。智能仪表构件的封装实例,体现了以原型节点和脚本编程扩展形式实现智能构件封装的可行性和有效性。基于上述封装方法,可进一步建立工控界面构件库,为界面场景系统的快速构建奠定基础。

参考文献:

- [1] 费敏锐,李力雄. 自动化领域的一些进展与评论[J]. 仪器仪表学报,2002,23(5):242-244.
- [2] Shih-Ching Ou., Wen - Tsai Sung, Sung - Jung Hsiao. Development of intelligent virtual reality web-based robotics for manufacturing applications [J]. IEEE ICIT,2002(1):348-353.
- [3] DAI Qing - yun, ZOU Mu - chang, WU Wei - yang. Application of virtual reality in monitoring system of inverter power supply[J]. Computer Engineering and Design. 2006,27(19):3528-3530.
- [4] Hong Yang, Yinping Xu, Shuai Fu, et al. The Human Machine Interface System for Industrial Monitor and Control Based on X3D and Multi-agent Technology [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Electrical and Control Engineering, 2011:4142-4145.
- [5] Yang Hong, Li Pan, Fu Shuai, Chen Hanxin, He Lingsong. Multi - agent Modeling & Realization for Interface System of Industrial Monitor and Control System under X3D [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Electric Information and Control Engineering, 2011(4):5114-5117.
- [6] Web3D. Consortium. ISO - IEC - 19775 - FDIS - X3dAbstractSpecificationz [EB/OL]. <http://www.web3d.org/x3d/specifications>. 2004-08-24.
- [7] Hong Yang, Lingsong He, Dengpan Zhang, et al. An Extension of Network Communication in X3D for Remote Monitor and Control [C]//Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2007:2236-2240.
- [8] 杨红,龚本,张敏树,等. 基于 VRML 的虚拟拆装实验技术研究[J]. 武汉工程大学学报,2007,29(1):58-61.
- [9] 杨红,杨巍巍,张敏树,等. 基于 VRML 的过程装备仿真素材库开发[J]. 远程教育杂志,2007(2):76-78.

Encapsulation to interface components of industrial monitor and control system under Virtual Reality

YANG Hong¹, FU Shuai¹, XU Ying-ping¹, HE Ling-song²

(1. School of Mechanical & Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2. School of Mechanical Science & Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The extension mechanism of X3D(Virtual Reality) is analyzed, and a suit of encapsulation method to various components under X3D is proposed. To non-visual components, it is implemented mainly in form of inner node. To simplex geometry visual components, based on in-line mechanism, it is encapsulated in form of individual shape file. To intelligent visual components with complex behavior characters, in form of prototype node and script extension, the shape and action of interface component can be integratedly encapsulated. An intelligent instrument as an example, the encapsulation process of intelligent components is discussed as emphasis.

Key words: virtual reality (VR); X3D extension; industrial monitor and control; interface system; component encapsulation; intelligent component

本文编辑:陈小平

☆

(上接第 9 页)

参考文献:

- [1] 鲍小磊,赵地顺,武彤,等.季戊四醇生产工艺及技术进展[J].河北化工,2008,31(1):33-34.
- [2] 沈国良,徐铁军,傅承碧,等.季戊四醇水溶液结晶介稳区性质的研究[J].化学世界,2003,44(4):181-184.
- [2] 丁绪怀.工业结晶[M].北京:化学工业出版社,1985.
- [3] Nyvlt J. Kinetics of nucleation in solutions[J]. Crystal Growth,1968(3/4):377-383.
- [4] 詹予忠,任国宾,郭士领,等.对羟基苯甘氨酸硫酸盐溶解度及介稳区的测定[J].郑州大学学报,2002,23(4):91-94.
- [5] 丛进阳,刘树中.工业发酵液中谷氨酸介稳区测定及其对生产的意义[J].食品与发酵工业,1995(2):22-26.
- [6] 孟献梁,荀志金,贺忠,等.硫代苯基半胱氨酸结晶介稳区的测定及分析[J].南京工业大学学报,2003,25(6):66-69.
- [7] 中华人民共和国国家技术监督局. GB7815-2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [8] 孟庆芬.盐卤系中硼酸盐介稳区性质的研究[D].西宁:中国科学院青海盐湖研究所,2007:5.

Meta-stable zone characteristics of industrial pentaerythritol in aqueous solution

ZHOU Yu-xin, WANG Yao, ZHU Hua-juan

(School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology,

Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education, Wuhan 430074, China)

Abstract: The meta-stable zone characteristics of industrial pentaerythritol solution were investigated, the solubility and the super-saturation of industrial pentaerythritol in aqueous solution were measured, and then the meta-stable zone width was determined. In addition, the effects of stirring rate and cooling rate on the meta-stable zone width were studied in aqueous solution, and the nucleation progression of industrial pentaerythritol was estimated. Experimental results showed that increasing the temperature, the solubility of industrial pentaerythritol in aqueous solution increased gradually. The lower the temperature, the wider of the meta-stable zone width was. The nucleation progression, which were affected by the maximum super-saturation and stirring rate, had no relationship with saturation temperature, and they were 2.36 and 0.26 respectively.

Key words: industrial pentaerythritol; meta-stable zone; crystallization

本文编辑:张 瑞