莫璐宇.地震模拟系统的人机交互设计[J].地震工程学报,2019,41(1):245-250.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.01.245
MO Luyu.Human—Computer Interaction Designfor the Seismic Simulation System[J].China Earthquake Engineering Journal,2019,41(1):245-250.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.01.245

地震模拟系统的人机交互设计

莫璐宇
(浙江大学计算机科学与技术学院 工业设计工程,浙江 杭州 310027)

摘要:当前的地震模拟系统存在用户指令传达不及时、系统反馈不准确的问题,针对这些问题,提出一种改进的地震模拟系统人机交互设计方法,构建地震模拟系统的整体交互流程。通过设计4×4按键电路、LCD接口电路,完成键盘与显示器之间的数据传输、用户指令的传递;同时引入虚拟现实技术设计人机交互的脚本、代码。实验结果表明,所设计的地震模拟系统人机交互模式的稳定性高达98.9%,准确率高达99.6%,能够有效实现地震模拟的人机交互。

关键词:地震模拟系统;人机交互;避震;键盘;接口电路;阵列
中图分类号:TP334 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-0844(2019)01-0245-06
DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.01.245

Human—Computer Interaction Design for the Seismic Simulation System

MO Luyu
(*College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China*)

Abstract: Due to the lack of well-designed human—computer interaction in the contemporary earthquake simulation system, problems arise that the user cannot resolve in a timely way, resulting in an inaccurate feedback system. An improved design method of human—computer interaction for earthquake simulation system is proposed, and an entire interactive-flow earthquake simulation system was constructed. Data transmission between keyboard and display, and user instruction transmission were accomplished through the design of 4×4 key and LCD interface circuits. The script and code of human—computer interaction were designed by introducing virtual reality technology, leading to the fully-developed earthquake simulation system. The experimental results showed that the stability and accuracy of the human—computer interaction mode of the designed earthquake simulation system were 98.9% and 99.6%, respectively. This system can effectively actualize successful human—computer interaction in earthquake simulation.

Keywords: earthquake simulation system; human—computer interaction; earthquake avoidance; keyboard; interface circuit; array

0 引言

近年来,全球地震频发,一些地震多发地区的经济和人民生活受到严重影响。我国的地震灾害大多存在震源浅、分布广的特点,严重危害人们的生命财产安全。在智能化设备的协助下,提高民众抗震意

收稿日期:2018-08-13
基金项目:国家自然科学基金(51768010)
作者简介:莫璐宇(1993-),女(壮族),广西南宁人,硕士,研究方向:交互设计。E-mail:moluyu929@126.com。

识、学习逃生技能，成为应对地震灾害的有效措施[1]，因此，大量的地震模拟系统层出不穷。在一些智能化领域，地震模拟系统得到了较为充分的研究。但是相关人员对地震模拟系统中人机交互的研究还存在较多问题，如文献[2]设计的大型多道地震物理模拟系统对于地震情景的模拟比较全面，但是用户控制系统的指令性按键较少，难以满足复杂应用的需求；文献[3]提出一种基于视觉感知强度的人机交互界面优化设计方法，注重用户的视觉感知，忽略了人机交互的硬件设计，导致用户指令传达不及时、系统反馈不准确；文献[4]提出一种基于 EASY5 地震模拟振动台控制系统的设计方法，对地震振动进行模拟，主要是用户对地震的振动进行操控，未考虑系统的反馈设计，导致人机交互设计的效果不理想。

针对上述地震模拟系统在人机交互设计方面存在的缺陷，本文从硬件设计、人机交互两方面实现，对地震模拟系统中的人机交互进行改进设计。

1 地震模拟系统的人机交互改进设计

1.1 地震模拟系统的交互流程

交互过程主要采用人物传导控制的方式对地震进行模拟，用户通过键盘操控命令在规定的时间内完成场景中地震信息交互[5]。在这一过程中，命令经过场景中的特定区域时，系统会自动提问，外部信息则会通过键盘给出肯定或否定的回答，系统再根据答案进行打分[6]。地震模拟系统整体交互流程用图 1 描述。

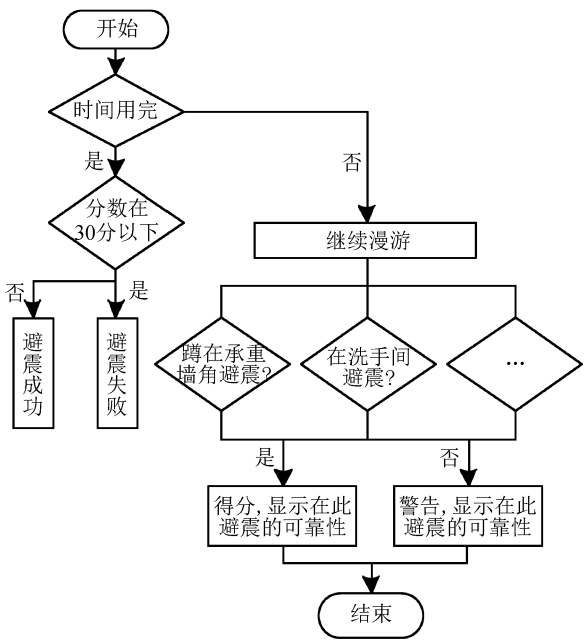

图 1 地震模拟系统整体交互流程图

Fig.1 Entire interactive flow chart of the seismic simulation system

如图 1 所示，在时间用完时，则进入下一步骤，判断分数是否在 30 分以下，如果是，则避震失败，如果没有在 30 分以下，则避震成功；时间没有用完时，系统选择继续漫游，例如：是否蹲在承重墙角避震，是否在洗手间内避震等，如果可以避震，则得分，反之，则警告。

1.2 人机交互模块设计

键盘、LCD 液晶显示器构成了地震模拟系统的人机交互模块核心区域。地震模拟系统工作状态的表达、运行变量参数的自定义，可通过数据收集终端设备进行[7]。系统人机交互模块的键盘为 4 行×4 列，薄膜晶体管液晶显示器(thin film transistor-liquid crystal display，TFT-LCD)为选用的 LCD 显示器的名称，21.5 寸为 LCD 显示器的尺寸，ILI9320 置于 TFT LCD 显示器内部。

1.2.1 4×4 按键电路设计

地震模拟系统中参数的定义主要依靠 4×4 键盘实现，利用两机通信的方式解决 4×4 接口中 STM32F103VCT6 的 I/O 口资源匮乏问题，两机通信采用串口通信连接新拓展的 AVR 单片机与主控制器[8]。键盘拓展选取 ATmega8，其 PB 口连接 4×4键盘接口；ATmega8 同时负责扫描工作，利用串口将获取的键值传输到主控制器的串口[9]。键盘扩展接口电路如图 2 所示。数字键、设置键、移动键以及确定键等是 4×4 键盘按键的主要功能。

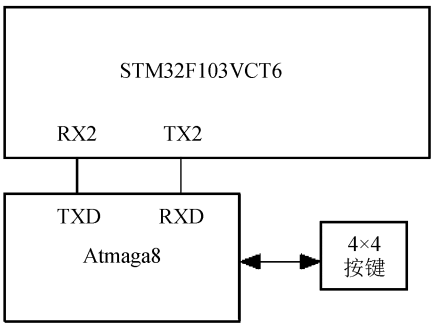

图 2 键盘扩展接口电路

Fig.2 Keyboard extension interface circuit

1.2.2 LCD 接口电路设计

地震模拟系统中的人机交互模块能够同大量的外部存储器件进行连接，系统的微处理器为 STM32F103VCT6，其附带 SMC 控制器具有灵活、静态存储的特点[10]。人机交互模块的 TFT LCD 为 16 位，直接连接 FSMC 的 16 位数据线，采用 FSMC 的 NOR 闪存/PSRAM 作为控制线，显示器光线采用 PWM 进行控制[11]。图 3 为 TFT LCD 接口电路图。

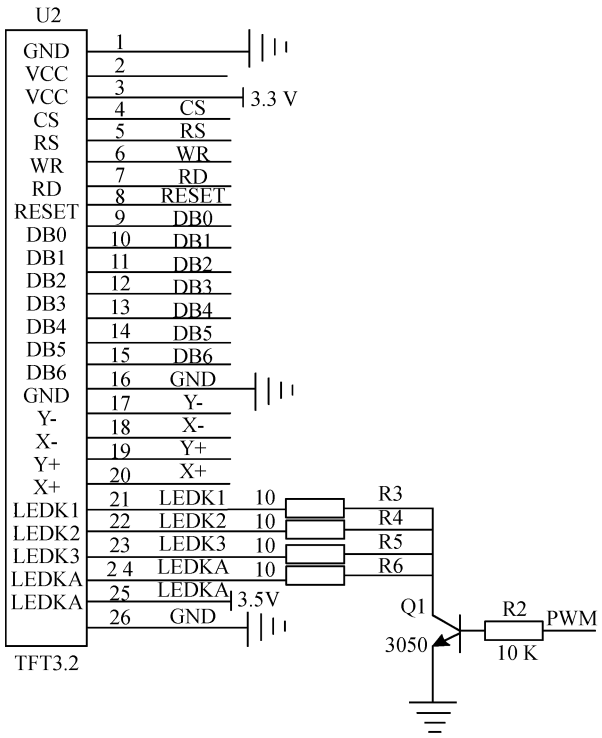

图 3　TFT LCD 接口电路图

Fig.3　TFT LCD interface circuit diagram

1.3　虚拟现实技术的设计实现

引入虚拟现实技术设计地震模拟系统的人机交互过程,能够真实体验在地震中该怎样选择避震的位置与方式。

虚拟现实技术的脚本与代码设计可通过建立两个 Array 阵列的方式,达到虚拟现实下人机对话交互的目的[12],将其中一个 Array 阵列定义为一行一列,采用整型的类型值,起到中转站的作用[13];地震模拟过程中产生的人机交互对话虚拟现实信息将存储在另外一个 Array 阵列中,产生的问题存储在 Array 阵列的第 0 列中,用户选择肯定回答(Y 键)时生成的内容存储在第 1 列中,用户选择否定回答(N 键)时生成的内容存储在第 2 列中。

虚拟现实下的人机交互过程如下:

(1) 人物在地震场景中漫游时,会同场所中的物体产生碰撞,此时物体立即向 Level 传递信号同时完成转换数组值的定义。

(2) 物体传递的信号到达 Level 脚本时,Level 脚本可读取对话阵列中的第 0 列内容。

(3) 该系统中用户对问题的回答通过 Key Even BB 来体现,在读取阵列中第 1、2 列信息的基础上给出当前位置避震的理由。

图 4 为系统中虚拟现实下的人机交互脚本设计。

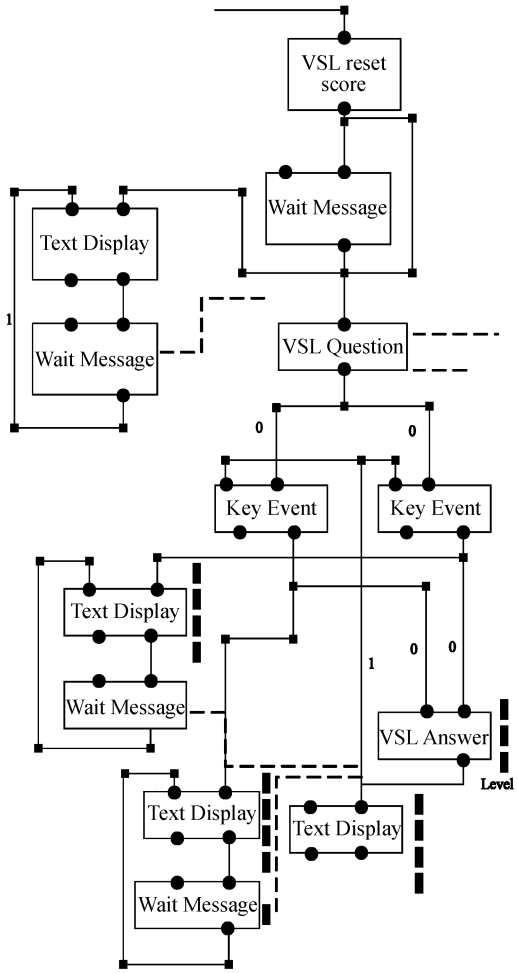

图 4　人机交互脚本设计

Fig.4　Script design for human—computer interaction

人机交互过程中存在的问题可通过 VSL Question 脚本进行显示,下面对该脚本代码进行详细描述[14]。图 5 为地震模拟系统操作过程中的人机交互对话效果。

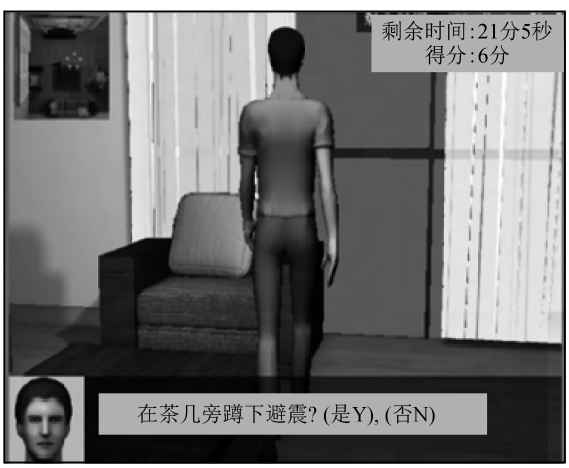

图 5　人机交互对话效果

Fig.5　Dialogue effect of human—computer interaction

```
matrixtransformation.GetResults (0,0,k);
//得到转换阵列结果(整型)
Scale=matrixproblem.GetInformationDataString (k,0,
null);
//得到人机交互阵列第 K 行第 0 列的信息数据串长度
resvale.AdjustmentScale (Scale-1);
matrixproblem.GetInformationDataString (k,0,resvale.
Str());
//获取阵列原有的信息数据串
valques0=resvale;  //采用信息数据串向参数输出接
口赋值
```

地震模拟系统会根据用户的作答 Y 或 N 对人机交互的选项进行显示[15]。人机交互答案脚本为 VSL Answer,以下为用户选择 Y 键的部分代码:

```
as (Press Y)  //当按下 Y 键时
{
Scale=matrixproblem.GetInformationDataString (k,1,
null);
//得到人机交互阵列第 K 行第 1 列的信息数据串长度
resvale.AdjustmentScale (Scale-1);
matrixproblem.GetInformationDataString(k,1,resvale.
Str());
//获取阵列原有的信息数据串
valques3=resvale;  //采用信息数据串向参数输出接
口赋值
//----------评分模块 ----------
as (k==0)                    //当记录顺序为 0 时
{
fraction = fraction +1;              //总分数加
1
  my2D.DefinitionExpression (Happy face);  //定义
开心表情
}
otherwise
{  my2D.DefinitionExpression (Lost expression);}
//0 分,定义失落表情
}
```

根据上面描述的流程实现地震模拟系统中各个环节的人机交互设计。

2 实验分析

2.1 有效性分析

为验证本文描述的地震模拟系统中人机交互设计的有效性,采用该系统进行仿真实验。图 6 为地震模拟系统中用户发出“行走”、“蹲下”、“倒”指令系统呈现的画面,表 1 是 5 位用户进行地震模拟的得分情况。

(a) 向前行走 (b) 蹲下 (c) 倒

图 6 地震模拟系统的指令呈现

Fig.6 Instruction presentation in the seismic simulation system

表 1 地震模拟系统的得分情况

Table 1 Score of seismic simulation system

用户编号	总分	是否避震成功
1	30	是
2	32	是
3	35	是
4	29	否
5	32	是

通过图 6 能够看出,采用虚拟现实技术能够真实地呈现人物在地震模拟过程中的动作,加深用户对地震方法的印象、学习避震技能、提高避震意识。

分析表 1 可知,5 位用户获取的避震总分数分别为:30 分、32 分、35 分、29 分、32 分,分数大于等于 30 分则避震成功,分数低于 30 分则避震失败,只有第 4 位用户避震失败,其余避震成功。

综上所述,通过地震模拟系统中的人机交互设计,用户指令能够良好地呈现,最终获取准确的避震结果,验证了地震模拟系统中人机交互设计的有效性。

2.2 稳定性测试分析

为验证所设计地震模拟系统中的人机交互模式的性能,采用大型多道地震物理模拟系统、基于视觉感知强度的人机交互系统进行对比实验。招募 50 名用户,平均分成 10 组,在规定时间内分别采用三种地震模拟系统完成地震模拟实验,记录该过程中 3 种系统人机交互的稳定性,用表 2 描述。

分析表 2 能看出,10 组用户采用本文系统进行地震模拟的稳定性分别为:98.9%、99.1%、98.1%、98.2%、99.5%、99.6%、99.2%、98.9%、98.4%、98.7%,稳定性均值为 98.9%。该组数据表明,绝大多数情况下,本文系统中的人机交互设计能够准确得到用户的指令并及时反馈,仅有约 1.1%几率出现

系统混乱、闪退的现象；大型多道地震物理模拟系统中人机交互的稳定性均值为 96.0%，10 组用户采用该系统进行地震模拟过程中，系统人机交互的稳定性在 96.0%左右波动，稳定性较强，但从数据方面可以看出，该系统人机交互的稳定性相比本文系统较低；基于视觉感知强度的人机交互系统运行的稳定性均值为 92.9%，其最大值为 93.7%，最小值为 92.1%，该系统的稳定性较低，在地震模拟过程中容易出现人机交互不及时、系统闪退等现象，难以用于有效的地震逃难情景模拟。

表 2　三种系统人机交互稳定性对比情况

Table 2　Comparison between the stability of human—computer interaction in three systems

分组序号	本文系统/%	大型多道地震物理模拟系统/%	基于视觉感知强度的人机交互系统/%
1	98.9	95.6	92.3
2	99.1	95.7	93.2
3	98.1	96.8	92.1
4	98.2	95.3	93.2
5	99.5	95.8	93.1
6	99.6	96.3	93.7
7	99.2	95.3	92.4
8	98.9	95.6	92.7
9	98.4	96.8	92.6
10	98.7	96.7	93.5
平均值/%	98.9	96.0	92.9

综合上述数据可知，本文系统人机交互的稳定性高达 98.9%，是三种系统中稳定性最强的，这是因为本文系统中人机交互设计采用 STM32F103VCT6 微处理器，该处理器附带的 FSMC 控制器具有灵活、静态存储的特点，能够及时接收用户指令、并快速进行正确的反馈。

2.3　准确率分析

地震模拟系统中人机交互准确与否关系到用户的指令能否准确传递到系统中并及时进行反馈，是评价整个系统性能的关键，因此对地震模拟系统中人机交互的准确率进行分析。在 2.2 小节实验设置的基础上，采用三种系统进行准确率测试，获取的结果用图 7 描述。

分析图 7 可知三种系统人机交互的准确率对比情况。本文系统的人机交互准确率位于曲线图的最上方，准确率始终稳定在 99%～100%之间，均值约为 99.6%，波动较小，该系统可准确实现地震模拟的人机交互，仅有较小的几率发生系统反馈错误等现象，这是因为本文系统的人机交互模块设计中，将存在的问题通过 VSL Question 脚本进行显示，人机交互答案脚本为 VSL Answer，这两个脚本包含丰富的数据，能够及时、全面地回答用户的问题，保证了地震模拟系统中人机交互的准确性；大型多道地震物理模拟系统的人机交互准确率位于曲线图的中间部分，该系统人机交互准确率在 93.5%～94.5%之间。基于视觉感知强度的人机交互系统人机交互准确率位于曲线图的最下方，该系统人机交互准确率在 93%～94.2%之间。这两种系统人机交互的准确率均低于本文系统，且出现较大的数值波动现象，在人机交互过程中，极有可能出现系统反馈错误、用户指令传递失误等现象，难以实现地震模拟系统中准确的人机交互，严重影响系统运行效果。

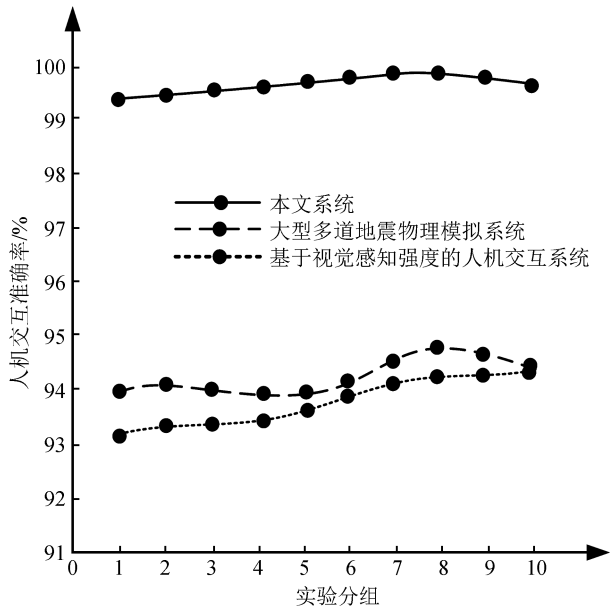

图 7　三种系统中人机交互的准确率对比

Fig.7　Accuracy comparison of human—computer interaction in three systems

综上所述，本文系统能够实现准确的人机交互，准确率高达 99.6%。

3　结论

本文从地震模拟系统整体交互流程、人机交互硬件构成、人机交互软件设计实现三部分对地震模拟系统中人机交互进行设计。地震模拟系统整体交互流程主要内容如下：采用人物进行游戏的方式对地震进行模拟，用户通过键盘操控人物在规定的时间内完成场景中避震漫游。在这一过程中，人物经过场景中的玄关时，系统会自动提问，人物通过键盘给出肯定或否定的回答，系统根据答案进行打分。人机交互硬件主要由键盘、LCD 液晶显示器构成，对相应的 4×4 按键电路、LCD 接口电路进行介绍，

这两部分的连接能够实现键盘同显示器间的数据传输与存储、用户指令的传递。最后,文章采用虚拟现实技术对系统中人机交互进行设计,设计人物在地震模拟系统中漫游的脚本与代码,实现地震模拟的人机交互。

经实验验证,所设计地震模拟系统中的人机交互模式可有效实现地震模拟,人机交互稳定性高达98.9%,准确率高达99.6%。所设计的地震模拟系统人机交互模式为用户带来真实的地震体验,对于提高用户避震技能与意识具有积极作用。

参考文献(References)

[1] 李青宁,程麦理,尹俊红,等.地震模拟振动台扩展系统理论分析及试验研究[J].振动与冲击,2015,34(7):81-84.
L IQingning, CHENG Maili, YIN Junhong, et al. Theoretical and Experimental Analysis on Shaking Table Extended System for Seismic Simulation[J]. Journal of Vibration and Shock, 2015,34(7):81-84.

[2] 王国庆,魏建新,刘伟方,等.大型多道地震物理模拟系统设计方案及实现[J].岩性油气藏,2016,28(6):95-102.
WANG Guoqing, WEI Jianxin, LIU Weifang, et al. Design of Large-scale Multi-channel Seismic Physical Modeling System and Its Implementation[J]. Lithologic Reservoirs, 2016, 28(6): 95-102.

[3] 张宝,丁敏,李燕杰.基于视觉感知强度的人机交互界面优化设计[J].中国机械工程,2016,27(16):2196-2202.
ZHANG Bao, DING Min, LI Yanjie. Optimization Design of Human Machine Interaction Interface Based on Visual Perception[J]. China Mechanical Engineering, 2016, 27(16): 2196-2202.

[4] 纪金豹,张硕玉,李芳芳,等.基于 EASY5 地震模拟振动台控制系统仿真[J].机床与液压,2016,44(1):140-142.
JI Jinbao, ZHANG Shuoyu, LI Fangfang, et al. Simulation of Earthquake Simulation Shaking Table Control System Base on EASY5[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2016, 44(1): 140-142.

[5] 王庭华,黄峥,丁静鹊,等.220 kV 户内变电站屋顶构架结构体系及其抗震性能[J].电力工程技术,2017,36(5):76-80.
WANG Tinghua, HUANG Zheng, DING Jinghu, et al. Research on the Structural Property and Seismic Performance of the 220 kV Roof Frame-GIS Complex Building[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2017, 36(5): 76-80.

[6] 刘彦辉,谭平,周福霖,等.高墩隔震连续梁桥地震模拟振动台试验[J].中国公路学报,2015,28(2):60-68.
LIU Yanhui, TAN Ping, ZHOU Fulin, et al. Shaking Table Test for Seismic Simulation of Continuous Isolation Girder Bridge with High Piers[J]. China Journal of Highway and Transport, 2015, 28(2): 60-68.

[7] COUDER-CASTAÑEDA C, BARRIOS-PIÑA H, GITLER I, et al. Performance of a Code Migration for the Simulation of Supersonic Ejector Flow to SMP, MIC, and GPU Using OpenMP, OpenMP+LEO, and OpenACC Directives[J]. Scientific Programming, 2015, 2015: 1-20.

[8] 张修乾.基于人机交互的工业产品设计模型研究[J].现代电子技术,2017,40(20):153-155.
ZHANG Xiuqian. Research on Industrial Product Design Model Based on Human-computer Interaction[J]. Modern Electronics Technique, 2017, 40(20): 153-155.

[9] 冯永利,贾庆轩,魏薇.基于动态贝叶斯网络的人机交互过程参与度评估方法[J].机器人,2018,40(2):169-177.
FENG Yongli, JIA Qingxuan, WEI Wei. An Engagement Evaluation Algorithm Based on Dynamic Bayesian Network for Human-Robot Interaction[J]. Robot, 2018, 40(2): 169-177.

[10] 胡宗达,杨长春,矣雷阳,等.基于非限制性结构的地震动加速度计仿真设计[J].计算机仿真,2016,33(1):127-132.
HU Zongda, YANG Changchun, YI Leiyang, et al. Seismic Accelerometer Simulation Design Based on Unconstrained Structure[J]. Computer Simulation, 2016, 33(1): 127-132.

[11] MAZZOLANI F M, PILUSO V. Plastic Design of Seismic Resistant Steel Frames[J]. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 1997, 26(2): 167-191.

[12] 刘川,邬春学.近距离 3D 人机交互技术研究实现[J].计算机工程与应用,2015,51(3):186-191.
LIU Chuan, WU Chunxue. Research and Implementation of 3D Human Computer Interactive Technology in Close Scenario[J]. Computer Engineering and Applications, 2015, 51(3): 186-191.

[13] 赵静.面向产品造型的人机交互系统开发[J].食品与机械,2016,32(9):80-83.
ZHAO Jing. Development of Man-machine Interaction System for Product Modeling[J]. Food & Machinery, 2016, 32(9): 80-83.

[14] DYUKINA N S, BAZHENOV V G. Simulation of theSeismic-Stability Problem for Buried Constructions[J]. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2015, 44(2): 189-193.

[15] 任磊,魏永长,杜一,等.面向信息可视化的语义 Focus+Context 人机交互技术[J].计算机学报,2015,38(12):2488-2498.
REN Lei, WEI Yongchang, DU Yi, et al. Human-Computer Interaction Based on Semantic Focus+Context for Information Visualization[J]. Chinese Journal of Computers, 2015, 38(12): 2488-2498.