

HMI Dynamic Match Study Based on Virtual Human Modal

Qiong Xiao¹, Yi Xiao^{2,3}

¹HengYang Normal University, Hengyang 421008, China

²Institute of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China

³China Astronaut Research and Training Center, Beijing 100193, China

Email: canghaiyisu1981@126.com

Abstract: The basic concept of HMI (human-machine interface) dynamic match study based on virtual human modal is presented. And the definition of the HMI dynamic match is presented. The four key dynamic factors which affect the HMI dynamic match are analyzed. Constructed the research system hierarchy, analyzes the basic modules, describes the research mechanism, elicits the key technology should be resolved. At last an example is given to validate the mechanism.

Keywords: communication & autocontrol technology; human-machine interface; dynamic match; virtual human

基于虚拟人的人机界面动态匹配方法研究

肖琼¹, 肖毅^{2,3}

¹衡阳师范学院, 衡阳, 421008

²装备指挥技术学院 北京, 101416

³中国航天员科研训练中心, 北京, 100193

Email: canghaiyisu1981@126.com

摘要: 本文阐述了基于虚拟人的人机界面动态匹配方法研究的基本思想, 给出了人机界面动态匹配定义, 重点分析了影响人机界面动态匹配的四个动态因素。构建了基于虚拟人的人机界面动态匹配方法研究系统, 分析了系统体系结构, 以及各模块功能和相互之间关系; 阐述和分析了基于人机界面动态匹配研究机理, 提出了需要解决的关键技术。最后以操作装甲车辆操纵杆为例阐述了具体的实施过程。具有一定的思想性和工程应用前景。

关键词: 通信与自动控制技术, 人机界面, 动态匹配, 虚拟人

1 引言

人机界面是指系统中的人、机之间相互作用的区域。通常人机界面由信息界面、工具界面等组成。

人机界面动态匹配是指机器处于正常运行状态, 人遂行日常工作任务下人机界面的匹配性。动态条件是指由于机器运行而引起机器内部产生的动态环境包括: 振动、噪声以及温湿度变化, 有的动态条件还包括外部环境的共同作用, 比如野外训练的装甲车辆动态环境就包括路面使机器产生的振动环境等。

开展人机界面动态匹配性研究对于提高人机

界面设计的实用性水平具有非常积极的意义。

2 人机界面动态匹配方法研究概述

目前国内外对于人机界面动态匹配性的研究并不多见, 而是将其列为环境因素作为一个研究方向。主要的动态因素有: 振动、噪声、温湿度。分析它们产生的原因, 对操作者的影响。研究在动态因素下如何更好的保护工作者, 如何改进机器以降低动态环境因素的影响。在人机界面动态匹配性方面目前并没有比较好的研究成果^[1,2,3]。

目前并没有文章提及动态环境下人机界面匹配研究的思想。而且国内外在开展动态因素研究存在

国防预研基金资助项目, 批准号: ZLY2006343

两个局限：第一只是单独对某一个因素进行研究，采用分解的思想；而没有将多个因素联系起来看作整体，从系统的角度研究。实际上这四个因素是密不可分的。振动的存在必然产生噪声，而造成振动的原因是由于设备改变了以前的静止状态，而这必然导致温度的变化，也必然引起湿度的变化，可见将四者分别独立研究存在一定的局限性；第二：在这些动态因素的研究过程中，并没有结合人在动态因素下的反应，是脱离了主体的研究，因而无法给人机界面动态匹配提出积极的建议。

鉴于此，本文提出一种新的研究思路。主要分为两个方面：第一：研究人在每一个动态因素下的反应，并采集原始数据。这样做有两个原因：一是：振动、噪声、温湿度等动态因素的数据，尤其在特殊设备中的特数据资料不够；另外目前人在动态因素影响下的第一手资料很缺乏。第二：研究人在多动态因素下的反应，并重点记录多动态因素共同作用不同于单动态因素作用的特性。最后综合这些研究的结果重新设计人机界面。

然而上述研究存在一个巨大的现实问题。上述研究思路中最重要的一环是测量人在动态因素条件下的反应，而且在重新设计人机界面过程中，需要反复检测人在动态因素条件下对于人机界面的适应性。可有的设备如航天、航空、航海设备，如果反复进行这样的实验，既花费大量经费，又费时费力。

基于虚拟人模型进行人机界面动态匹配性研究为此提供了一个很好的解决方法。基于 3D 虚拟人模型的人机界面动态匹配性研究有很大的优势，具体分析有如下几点。

第一：基于 3D 虚拟人模型的人机界面动态匹配性研究会大大降低研究成本。

第二：基于 3D 虚拟人模型的人机界面动态匹配性研究可以大大降低在真实环境中进行实验的风险。经过人机界面动态匹配性评价重新设计的人机界面最后还需要在真实的环境中实验以验证其设计的人机界面匹配程度，而通过基于 3D 虚拟人模型上设计和验证之后的人机界面就会大大降低在真实环境中验证的次数和验证的风险。

第三：基于 3D 虚拟人模型的人机界面动态匹配性研究可以重复使用，并且应用非常广泛。在该软件中添加模块就可以实现更加复杂和丰富的内

容；对其中的某些模块进行改进则可以实现一些其他的新功能。具有非常广泛的应用前景。

3 基于虚拟人的人机界面动态匹配研究原理

目前人机界面匹配性研究都是收集真实人对人机界面的主观感受和采集具体操作的试验数据。而基于虚拟人的人机界面动态匹配性研究与此刚好相反。基于虚拟人的人机界面动态匹配性研究，就是利用虚拟人代替真实人进行人机界面动态匹配性研究。实际上基于虚拟人的人机界面动态匹配性研究是综合利用虚拟现实技术、虚拟人技术和计算机建模技术，以人机工程学基本原理为理论主线综合分析人机界面动态匹配性的一种研究方法。通过计算机建模技术和虚拟现实技术构造虚拟环境；利用虚拟人技术构建虚拟人用于人机界面动态匹配研究；基于人机工程学理论以具体算法为基础的动态匹配分析模块用于分析评价人机界面动态匹配性。

实现方式简单概括起来如下：首先构造虚拟 3D 场景环境用以模拟需要研究的大背景即人机界面的大载体，通常是某型装备的舱内环境，比如舰船舱内，飞机坦克舱以及航天飞船的舱内环境等。第二步动态因素产生模拟装置，包括振动、噪声、温湿度的产生模拟。第三创建 3D 虚拟人模型。要求虚拟人能够响应振动、噪声、温湿度等动态因素。

随着虚拟环境建模技术、3D 虚拟人建模技术、动态环境建模技术的发展，上述客观困难已经在相当程度上解决了^[4,5,6]。

4 基于虚拟人的人机界面动态匹配研究系统体系结构和机理

4.1 体系结构

基于虚拟人的人机界面动态匹配研究系统体系结构包含以下几个模块，见下图 1。

总体而言基于虚拟人的人机界面动态匹配研究体系由：虚拟人模块，虚拟环境模块和动态匹配分析处理模块三大模块组成。

其中虚拟人模块又包括：虚拟人控制模块，虚拟人响应动作模块，虚拟人心理表示模块三个子模块。

虚拟环境模块又包括：虚拟仪表模块、动态因素模拟模块两个子模块；

动态匹配分析评价模块，用于进行人机界面的

动态匹配分析和评价。

各模块功能分析如下：

虚拟环境模块主要提供对大载体的舱内静态环境模拟，是虚拟人运动的主要场景。而其中的动态因素模拟模块模拟振动、噪声、温湿度等动态因素，通过该模块可以模拟产生各种强度和机制的振动，不同等级和种类的噪声，以及各种温湿度条件。

通过对这些动态因素的模拟在虚拟环境中产生动态环境，并且影响虚拟人。虚拟仪表模块主要对机器中的人机界面通过计算机建模实现。虚拟仪表要求能够动态组装，以满足人机界面动态匹配研究要求。该体系中虚拟人根据动态匹配分析结果可以按照人机工程学要求动态组装虚拟仪表使之满足人机界面动态匹配性。

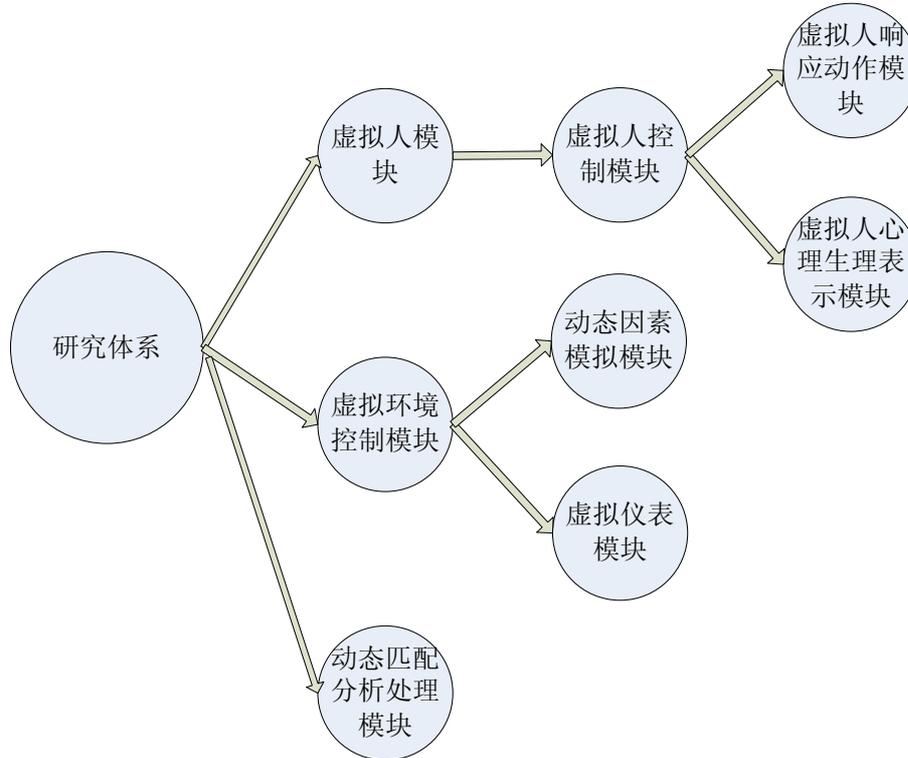


图 1. 基于虚拟人的人机界面动态匹配研究体系结构图

虚拟人模块主要替代人的作用。通过虚拟人控制 agent 利用虚拟人行为响应模块响应动态因素。控制虚拟人的 agent 模块是虚拟人运行的内核，虚拟人外部执行的所有行为和动作，以及生理、心理变化都是通过控制 agent 在内部实现的。虚拟人响应动作模块响应动态因素条件所激发的行为。虚拟人响应动作是真实人在动态因素条件下的动作反应模拟。虚拟人心理生理表示模块可以表示虚拟人在动态环境中的生理反映和心理变化，甚至包括面部表情的变化。

动态匹配分析模块一方面实现对虚拟人响应行为的监测和管理，由动态因素模拟模块产生的动态因素是虚拟人行为响应激励条件，分析模块首先分析激励条件的性质、程度、是否满足激发虚拟人的行为响应，响应行为的程度和具体行为，并对整

个运行过程监测；另一方面分析在动态因素条件下人机界面匹配程度、并提出改善人机界面动态匹配性的建议，这是所有实验和研究的最终目的。

4.2 基于虚拟人的人机界面动态匹配性研究机理

每个在虚拟环境中的虚拟人都与系统中的一个虚拟人控制 agent 相关联，而虚拟人执行的动作都是通过控制 agent 实现。虚拟人执行动作的激发条件是由动态因素模拟模块产生的动态因素。虚拟人动作的具体实施则经由响应动作模块产生具体响应动作，并通过对应的控制 agent 实现。响应动作模块集合了真实人在动态因素条件下的所有的响应方式和响应强烈程度，而且包括响应动作所指向的方向，目标等。一旦动态因素模拟模块产生了动态因素，分析模块对动态因素条件分析之后，发

出相应的指令给响应动作模块，响应动作模块则依据指令自动挑选出与条件一致的响应动作并发送到相应的虚拟人 agent 实现，同时发送给分析模块进行监测和分析。动态匹配分析模块分析判断动态因素条件是否满足虚拟人行为响应的激励条件，分析判断应作出何种响应行为，响应目的。并且在响应行为结束之后还负责分析整个过程中动态因素条件对人机界面匹配性的影响和新的要求。除此之外在整个响应行为运行过程中还连续不间断的检

测激励条件的变化，并向行为响应模块发出相应的响应动作调整指令。当动态因素条件满足响应终止时，则向响应动作模块发出停止响应行为指令，停止虚拟人的行为响应。

在本研究体系中虚拟人可以进行动态环境下的工作空间可达域分析，视域分析，虚拟仪表视域分析，操作力分析等工作。

系统总体流程见图 2：

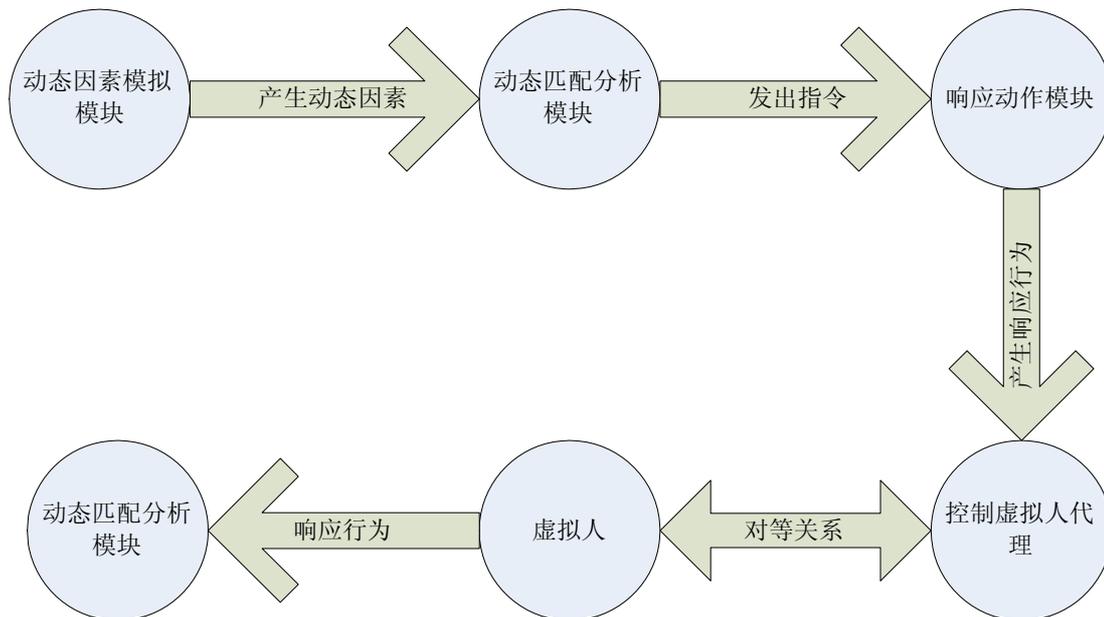


图2. 系统总体流程图

5 需要解决的关键技术

5.1 动态环境因素模拟

利用虚拟现实和计算机建模技术实现真实动态环境模拟是一项极具挑战性的技术。主要难点在于振动环境的逼真模拟。原因在于：实现机器振动环境模拟需要大量的振动环境数据，这些数据的获取是一大难点。而且随着外界环境变化，振动数据也会发生变化；第二基于真实数据的算法和建模也是一难点，由于振动对机器的影响非常复杂，而且机器内部人机界面数量多、布局复杂，振动的表现也不一致，对于这些振动现象的模拟需要新的技术突破。包括新的数据采集技术，计算机建模仿真技术和一些新算法。

5.2 虚拟人响应动作表示

目前虚拟人可以做一些动作，但是这些动作都

过于简单，无法满足人机界面动态匹配研究的需要。现有的虚拟人行为建模方法，比如动力学法^[7]、过程方法^[8]、运动捕获法^[9]以及一些运动合成方法^[10]：运动修剪、运动仿射变换，时间扭曲，运动镜像，运动混合等方法在模拟虚拟人对动态环境的响应方面存在不小的难度。

5.3 虚拟人心理生理表示

虚拟人的心理和生理表示是虚拟人研究新的热点，也是一大难点。心理和生理的外部变化主要是通过虚拟人的面部表情表示的。模拟人的面部表情，第一需要真实的模拟人面部肌肉、皮肤；第二需要研究人面部表情和心理、生理之间的关系，这依赖于认知心理学、认知科学、相应生理学技术、以及计算机仿真技术的发展。

对情感进行度量的思想诱惑着心理学、认知科学和信息科学等许多学科的研究人员。不同学科的

研究者从不同的角度试图模拟情绪的产生和变化,虽然由于情绪的复杂性以及人类对本身情感变化规律的研究尚不完善使得这项工作显得十分艰巨,但对于情感量度的不断探索已经使得这项工作出现了进展,加深了各学科对情绪的认知。目前已经有很多关于情绪模型出现,虽然不能完美地实现了对人或动物的情绪的定量的描述和分析,但至少有些模型从功能的角度实现了有限的模仿,并且在模仿的范围上也不断扩大^[11-13]。

6 应用举例

本文以装甲车辆中的操作操纵杆为例详细阐述本文的研究机理。首先采集真实人在动态因素条件下操作操纵杆的原始数据,在此基础上一方面模拟单动态因素和多动态因素并加入到动态因素模拟模块中,另一方面将真实人在动态因素条件下操作操纵杆的行为和动作流程记录并在虚拟人行为响应模块中模拟、添加并且预留改进动作流程子模块和设计动作流程子模块。其中虚拟人是按照本单位2007年测量的大样本人体参数数据进行模拟。

在虚拟环境中通过动态因素模拟模块加入动态因素,虚拟人在加入动态因素的虚拟环境中走到操纵杆界面,坐上座椅,手握住操纵杆进行相应的操纵杆这一系列动作都是通过行为响应模块发送给虚拟人。在这个过程中虚拟人会发生如下反应:由于车体的振动虚拟人会左右摇晃;由于噪声的存在虚拟人会发生心理和生理上的一些变化,这些变化也需要通过行为响应模块中的生理和心理响应子模块实现;由于温湿度的存在可能造成人的不适应,这些都需要在虚拟人中体现出来。虚拟人从出发点到达操纵杆工位并进行操纵杆操作这一整套的行动中需要做碰撞检测,路径规划,行为规划等一系列运算。下面主要介绍虚拟人操作操纵杆的过程,分析动态条件下与静态条件下操作的区别。

虚拟人操作操纵杆的基本动作分解为:握杆、拉杆两个基本动作。分析在动态条件下握杆和拉杆的方式,力度、角度等。详细分析在动态因素条件下虚拟人握杆动作与静态条件下握杆的不同反应,握杆的方式是否与静态方式一样,是否会出现需要较大的力气才能控制住操纵杆,需要选择什么角度

控制操纵杆,虚拟人握杆会不会与身体的某些部位发生碰撞或者与装甲车辆的舱壁发生碰撞等。在向后拉杆时杆体是否与虚拟人身体碰撞,拉杆的力度需要多大等。

7 结论

本文提出的基于虚拟人的人机界面动态匹配研究是一项非常有挑战性的工作。需要融合多学科知识,整合多个系统的复杂大系统,需要做出长时间的努力才能实现。不过,目前这些研究在国外已经取得了一些成果。相信,只要坚持方向努力攻关就一定能够取得成绩,并且有很好的工程应用前景。

References (参考文献)

- [1] Ding Yu Lan. Ergonomics(Edition 3),Press of BeiJing Institute of Technology , 2007.01,174-204.
丁玉兰.人机工程学.第三版.北京理工大学出版社 2007.01,174-204.
- [2] Xuan Xiu Gan, Zhuang Da Min, Ergonomics, Press of Beijing university of aeronautics and astronautics, 2006.02,162-163.
人机工程,袁修干,庄达民,北京航空航天大学出版社, 2006.02,162-163.
- [3] Mark S.Sanders, Ernest J.McCormick, Human Factors in Engineering and Design(Edition 7), Tsinghua university press 2002.06,655-746.
- [4] N.Pelechano, N.I.Balder. Modeling Crowd and Trained Leader Behavior during Building Evacuation, Published by the IEEE Computer Society ,December 2006, 0272-1716/06,80-86.
- [5] Jan Allbeck , Norman I. Badler , Automated Analysis of Human Factors Requirements, Proceedings of the 2006 Digital Human Modeling for Design and Engineering Conference, July 2006, Document 2001-01-2366, 7 pages.
- [6] Norman I. Badler, Charles A. Erignac , Ying Liu, Virtual Humans for Validating Maintenance Procedures, COMMUNICATIONS OF THE ACM, July 2002/Vol. 45, No. 7.
- [7] H Ko,N Balder, Animationg Human Locomotion in Real-time Using inverse Dynamics, Balance and Comfort Control.IEEE Computer Graphics and Applications,1996,16(2):50-59.
- [8] R Boulic ,D Thalman..A Global Human Walking Model with Real-time Kinematics Personification. The Visual Computer, 1990, 6(6): 344-358.
- [9] T Molet, R Boulic ,D Thalman. A Real- Time Anatomical Covert For Human Motion Capture.In: Proc 7th Eurographics Workshop On Animation and Smiulation. wien: Springer-verlag, 1996.
- [10] C.F Rose.verbs and adverbs: Multidimension motion interpolation using radial basis functions:[phd thesis].Princeton University, 1999,96
- [11] T.J.Tracy,J.Ramsey.Emotions.The Guilford Press.2001.
- [12] A.Ortony,G.Clore,A.Colins.The cognitive structure of emotions.CamPress.1988.
- [13] Luis S Miguel Botelho,Helder Coelho.Machinery for artificial emotions.