



(21) 申请号 201410449127. 1

(22) 申请日 2014. 09. 04

(71) 申请人 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司

地址 200032 上海市徐汇区宛平南路 75 号

(72) 发明人 房志明 蒋利学 许清风

(74) 专利代理机构 上海申新律师事务所 31272  
代理人 周云

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006. 01)

G09B 9/00(2006. 01)

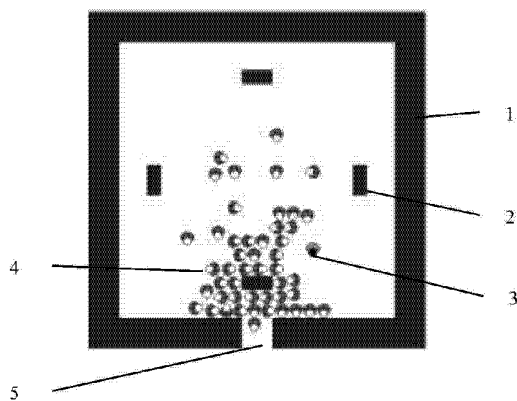
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统及方法

(57) 摘要

本发明一种用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统及方法,具体指一种基于虚拟现实技术和微观仿真模拟技术用于人员疏散特征测试及疏散演练的虚拟实验平台系统,涉及计算机虚拟应用技术领域。本发明通过搭建计算机虚拟环境,测试人员在不同场景条件下的疏散特征。首先,在计算机可视化编程环境下构建人员疏散模型;其次,实现通过计算机输入设备控制人员疏散模型中可控虚拟主角的运动;最后,通过改变模型中的建筑结构、人员视野,导入突发事件产物实现多种虚拟疏散场景。在构建的虚拟实验平台上参与测试实验,可以测试分析人员在不同场景下的疏散特征及虚拟实验平台应用到突发事件下的疏散演练与培训中,具有易开展、可重复等特点。



1. 一种用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统的方法,其特征在于,搭建计算机虚拟环境,测试实验人员在不同场景条件下的疏散特征,包括如下步骤:

- A. 在计算机可视化编程环境下构建人员疏散模型;
- B. 实现通过计算机输入设备控制人员疏散模型中可控虚拟主角的运动;
- C. 通过改变模型中的建筑结构、人员视野,导入突发事件产物实现多种虚拟疏散场景;

其中,定义:实验人员为参与实验的实际人员;

模拟人员为计算机可视化编程环境中塑造的人员;

可控虚拟主角是其运动受实验人员控制的模拟人员。

2. 根据权利要求1所述的用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统的方法,其特征在于,所述步骤A. 中构建人员疏散模型,具体方法如下:

A. 1 将目标建筑在平面上划分成  $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$  大小的基本格点;

A. 2 标识每个基本格点,以代表建筑各种内部结构,其中“被占据”表示不可通行人员区域,如墙壁(1)及障碍物(2),“未被占据”代表可通行人员的区域,包括通道、出口(5),在可视化界面中,以深色表示“被占据”格点,以浅色表示“未被占据”格点;

A. 3 设置一个或一个以上模拟人员(4),在可视化界面中用拟人化的形状表示;在每个模拟计算时间步内,每个模拟人员按照如下运动规则向出口进行疏散:

A. 3.1 选定最近的出口为目标出口;

A. 3.2 以朝向目标出口的方向为主方向;

A. 3.3 判断主方向上是否可通行,如果主方向可通行,则沿主方向运动一个格点距离;如果主方向不通行,再判断相对主方向的左右方向是否可通行,如果左右方向皆可通行,则以相同概率向左或右方向运动一个格点距离;如果左右方向只有一个方向可通行,则向该方向运动一个格点距离;如果左右方向都不可通行,则该时间步该模拟人员停止运动。

3. 根据权利要求1所述的用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统的方法,其特征在于,所述步骤B. 中实现通过计算机输入设备控制可控虚拟主角的运动,具体方法如下:

B. 1.1 选定人员疏散模型中的一个模拟人员为可控虚拟主角,并在可视化界面中,用不同颜色将可控虚拟主角(3)与其它模拟人员(4)区别显示;

B. 1.2 在人员疏散模型中实现对键盘、手柄计算机输入设备的输入信号的响应,并将输入信号对应的方向作为可控虚拟主角的运动方向;

B. 1.3 在实际测试实验中,实验人员通过操作计算机输入设备控制可控虚拟主角的运动。

4. 根据权利要求1所述的用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统的方法,其特征在于,所述步骤B. 中可以实现对两个以上可控虚拟主角的并行控制,即虚拟实验平台支持两个以上实验人员同时控制不同的可控虚拟主角,具体实施方法如下:

B. 2.1 选定人员疏散模型中两个以上模拟人员为可控虚拟主角,在可视化界面中用阿拉伯数字或指定名称标记每个可控虚拟主角;

B. 2.2 在人员疏散模型中实现对两个以上键盘、手柄计算机输入设备的输入信号的同时响应,并实现计算机输入设备与可控虚拟主角的一一对应;

B. 2. 3 在实际测试实验中,两个以上实验人员分别操作独立的计算机输入设备控制相应的可控虚拟主角的运动。

5. 根据权利要求 1 所述的用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统的方法,其特征在于,所述步骤 C. 中虚拟疏散场景可根据实际需求进行更改,包括但不限于不同建筑形式、不同出口布置、不同视野条件、不同疏散人员数量场景,可导入突发事件产物并在可视化虚拟场景中直观显示突发事件的动态发展,具体方法如下:

C. 1 基于不同实际建筑形式划分格点并构建模型,实现不同建筑形式场景;

C. 2 通过调节出口位置、数量、宽度实现不同出口布置场景;

C. 3 根据可控虚拟主角的视野范围,将可视化界面中显示区域分为两部分,一个是可见区域 (6),为可控虚拟主角运动方向上  $120^{\circ}$  扇形区域,该区域内的元素正常显示;一个是非可见区域 (7),该区域内各元素颜色无差异,即对于实验人员不可见,通过调节可见区域扇形的半径大小,实现不同视野条件场景;

C. 4 通过调节模拟人员数量,实现不同疏散人员数量场景;

C. 5 导入突发事件产物随时间发展变化数据,并在可视化界面中以特殊颜色、动态云图 (8) 方式予以表征,实现虚拟突发事件场景。

6. 根据权利要求 1 所述的用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统,其特征在于,所述系统由软件程序、计算机主机、计算机输入设备和计算机显示设备组成,其中:

a. 实现计算机编程的软件程序;

b. 用以运行软件程序、接收计算机输入设备控制信号并输出显示信号至计算机显示设备的计算机主机;

c. 实验人员控制可控虚拟主角运动的计算机输入设备如键盘或手柄;

d. 计算机显示设备如计算机显示器或头戴式显示设备,显示系统的可视化界面。

## 用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉计算机虚拟应用技术领域,具体指一种基于虚拟现实技术和微观仿真模拟技术用于公共安全领域的人员疏散特征测试及疏散演练的虚拟实验平台系统。

### 背景技术

[0002] 人员密集的公共场所,一旦发生突发事件,极易引发拥挤踩踏事故,造成严重的人员伤亡。因此,保障突发事件下人员疏散安全,提高公共场所应急水平的措施仍是迫切的现实需求。近几十年来,为深入了解人员疏散运动的动力学特征,不同领域的研究人员采用实验与模型相结合的方式进行了细致、深入的探索。其中,实验方法是揭示人员运动行为规律,演化疏散模型的基础。目前,主要采用的实验方法有可控实验法和观测实验法。可控实验法主要是根据建筑物的结构特征或人员生理、心理特征来构建特定的实验场景并开展相似性实验。可控实验法可以得到行人运动的一些基本定量关系,如步幅-步频、步幅-间距、速度-间距、步幅-速度关系等;也可以得到人员基本运动特征及运动参量同建筑物参数的相关关系,如瓶颈处的“拱形分布”、瓶颈处的流量和瓶颈宽度的关系、走廊及长通道中行人的速度等。观测实验法主要针对无法开展可控实验的大范围大规模人群运动场景,观测统计场景内人员基本运动行为特征。通过对实际的人群运动进行观测与分析,研究者们发现了人群运动过程中的自组织现象,如高密度人群中的“震荡波”、相向行人流“分层”、交叉行人“分带”等。

[0003] 然而,相比较而言,可控实验难以营造突发事件环境,而且开展突发事件下的疏散实验具有一定危险性;观测实验虽然可以通过分析已发生的事件案例,得到突发事件下人员的疏散特点,但难以量化突发事件对疏散运动的影响规律。

### 发明内容

[0004] 本发明目的在于克服现有公共安全技术领域存在的不足和缺失,提供一种用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统,以计算机模拟疏散环境为基础,通过调整虚拟实验平台中的参数条件构建多种虚拟场景,测试不同人员在不同环境下表现出的疏散规律特点及疏散能力。

[0005] 本发明的技术解决方案如下:

[0006] 一种用于人员疏散特征测试及演练的虚拟实验平台系统的方法,其特点在于,搭建计算机虚拟环境,测试人员在不同场景条件下的疏散特征,包括如下步骤:

[0007] A, 在计算机可视化编程环境下构建人员疏散模型。

[0008] B, 实现通过计算机输入设备控制人员疏散模型中特定人员的运动。

[0009] C, 通过改变模型中的建筑结构、人员视野,导入突发事件产物实现多种虚拟疏散场景。

[0010] 其中,定义:实验人员为参与实验的实际人员,模拟人员为计算机可视化编程环境中塑造的人员,可控虚拟主角是其运动受实验人员控制的模拟人员。

[0011] 其中,所述第一步中构建人员疏散模型,具体实施方法如下:

[0012] A.1 将目标建筑在平面上划分成  $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$  大小的基本格点;

[0013] A.2 标识每个基本格点,以代表建筑各种内部结构,其中“被占据”表示人员不可通行区域,如墙壁 1 及障碍物 2,“未被占据”代表人员可通行的区域,包括通道、出口 5,在可视化界面中,以深色表示“被占据”格点,以浅色表示“未被占据”格点;

[0014] A.3 设置一个或一个以上模拟人员 4,在可视化界面中用拟人化的形状表示;在每个模拟计算时间步内,每个模拟人员按照如下运动规则向出口进行疏散,其中:

[0015] A.3.1 选定最近的出口为目标出口;

[0016] A.3.2 以朝向目标出口的方向为主方向;

[0017] A.3.3 判断主方向上是否可通行,如果主方向可通行,则沿主方向运动一个格点距离;如果主方向不通行,再判断相对主方向的左右方向是否可通行,如果左右方向皆可通行,则以相同概率向左或右方向运动一个格点距离;如果左右方向只有一个方向可通行,则向该方向运动一个格点距离;如果左右方向都不可通行,则该时间步该模拟人员停止运动。

[0018] 所述概率指向左右方向运动的可能性,相同概率指向左右两个方向运动的可能性是一样的。

[0019] 其中,所述步骤 B. 中的特定人员为虚拟实验平台系统的可控虚拟主角,实验测试人员可以通过计算机输入设备变换虚拟主角的运动方向及速度,具体实施方法如下:

[0020] B.1.1 选定人员疏散模型中的一个模拟人员为可控虚拟主角,并在可视化界面中,用不同颜色将可控虚拟主角 3 与其它模拟人员 4 区别显示;

[0021] B.1.2 在人员疏散模型中实现对键盘、手柄等计算机输入设备的输入信号的响应,并将输入信号对应的方向作为虚拟主角的运动方向;

[0022] B.1.3 在实际测试实验中,实验测试人员通过操作计算机输入设备控制可控虚拟主角的运动。

[0023] 其中,所述步骤 B. 中可以实现对多个特定人员的并行控制,即虚拟实验平台支持多个可控虚拟主角,其运动分别由不同的实验测试人员同时控制,具体实施方法如下:

[0024] B.2.1 选定人员疏散模型中的多个模拟人员为可控虚拟主角,在可视化界面中用阿拉伯数字或指定名称标记每个可控虚拟主角;

[0025] B.2.2 在人员疏散模型中实现对多个键盘、手柄等计算机输入设备的输入信号的同时响应,并实现计算机输入设备与虚拟主角的一一对应;

[0026] B.2.3 在实际测试实验中,多个实验测试人员分别操作独立的计算机输入设备控制相应的可控虚拟主角的运动。

[0027] 其中,所述步骤 C. 中虚拟疏散场景可根据实际需求进行更改,包括但不限于不同建筑形式、不同出口布置、不同视野条件、不同疏散人员数量等场景,可导入突发事件产物并在可视化虚拟场景中直观显示突发事件的动态发展,具体实施方法如下:

[0028] C.1 基于不同实际建筑形式划分格点并构建模型,实现不同建筑形式场景;

[0029] C.2 通过调节出口位置、数量、宽度等实现不同出口布置场景;

[0030] C.3 根据可控虚拟主角的视野范围,将可视化界面中显示区域分为两部分,一个是可见区域 6,为可控虚拟主角运动方向上  $120^\circ$  扇形区域,该区域内的元素正常显示;一个是非可见区域 7,该区域内各元素颜色无差异,即对于实验测试人员不可见,通过调节可见

区域扇形的半径大小,实现不同视野条件场景;

[0031] C.4 通过调节模拟人员数量,实现不同疏散人员数量场景;

[0032] C.5 导入突发事件产物随时间发展变化数据,并在可视化界面中以特殊颜色、动态云图 8 方式予以表征,实现虚拟突发事件场景。

[0033] 本发明针对突发事件下的人员疏散规律,提供一种新的方法,解决了实验安全和结果可靠之间的矛盾,具有易开展、可重复等特点。而且,该方法可应用到疏散演练与培训中。

## 附图说明

[0034] 图 1 为本发明的实施例:常规场景下的虚拟实验平台示意图;

[0035] 图 2 为本发明的实施例:视野受限场景下的虚拟实验平台示意图;

[0036] 图 3 为本发明的实施例:火灾场景下的虚拟实验平台示意图;

[0037] 图 4a、4b、4c 为本发明的实施例:人员疏散特征测试结果图。

[0038] 图中标号:1- 建筑墙壁;2- 障碍物;3- 可控虚拟主角;4- 其它模拟人员;5- 出口;6- 可见区域;7- 非可见区域;8- 火场;9- 人员生命条;10- 疏散轨迹;11- 火源。

## 具体实施方式

[0039] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述

[0040] 本实施例中软件程序由 C++ 语言编制,编译环境为 C++builder2010;主机为联想 ThinkPad L440 笔记本电脑;计算机输入设备为该笔记本电脑的自带键盘;计算机显示设备为该笔记本电脑的自带屏幕。

[0041] 常规场景(如附图 1 所示):在二维平面上构建了一种常规条件下针对正方形厅室建筑的虚拟疏散实验平台。平台中,正方形厅室建筑内尺寸为 10m×10m,包括四周墙壁 1,四个对称的障碍物 3,在一侧墙壁上有一个宽度为 1m 的出口。平台中有一特殊颜色标记的可控虚拟主角 3,其运动由实验测试人员通过键盘的方向键控制,平台中有一定数量的模拟疏散人员 4,其运动由给定的疏散规则确定。

[0042] 视野受限场景(如附图 2 所示),在常规场景基础上,构建了一种视野受限条件下虚拟疏散实验平台,采用与常规场景完全一致的建筑环境。实际实验过程中,实验测试人员只能看到可控模拟主角运动方向上一定区域,记为可见区域 6,其它区域为非可见区域 7。在测试人员控制下,可控虚拟主角的位置及方向变化,可见区域和非可见区域随之变化。

[0043] 火灾场景(如附图 3 所示),在常规场景和视野受限场景基础上,构建了一种火灾场景下虚拟疏散实验平台,采用与常规场景完全一致的建筑环境。具体实现步骤如下:

[0044] (1) 设定四个障碍物 2 中的其中一个为火源 11。

[0045] (2) 采用火灾模拟软件 FDS(Fire Dynamics Simulator)模拟计算火灾蔓延发展过程,得到随时间变化的温度场数据及其它火灾产物数据。

[0046] (3) 将温度场数据导入到虚拟疏散实验平台中,用温度云图 8 表示可见区域内的温度场变化,温度云图随着温度场数据的更新动态变化。

[0047] (4) 考虑温度及其它火灾产物对可控虚拟主角的生理伤害,用人员生命条 9 表示可控虚拟主角的健康状态。

[0048] 测试结果（如附图 4 所示）：通过组织人员参与测试实验，可以测试分析人员在不同场景下的疏散特征。给出了不同场景下测试人员控制的可控虚拟主角的疏散路径，如附图 4a 常规场景下测试人员控制的可控虚拟主角的疏散路径和如附图 4b 视野受限场景下测试人员控制的可控虚拟主角的疏散路径及如附图 4c 火灾场景下测试人员控制的可控虚拟主角的疏散路径。

[0049] 基于本发明，可以构建各种建筑形式、不同出口布置、其它突发事件影响等条件下的虚拟疏散实验平台。而且，采用较为先进的计算机技术及硬件，包括并行计算技术、局域网技术、虚拟三维空间技术、体感控制技术、多方向控制手柄、头戴式显示设备等，可以实现支持多人同时在线控制的虚拟实验平台系统，并且更加接近真实疏散场景。

[0050] 综上所述，本发明针对突发事件下的人员疏散，提供一种新的研究应用方法。相比目前常用的方法，该方法解决了实验安全和结果可靠之间的矛盾，具有易开展、可重复的特点。一方面，采用本方法可以有效研究揭示不同建筑结构、不同出口布置及不同突发事件等场景下的人员疏散规律，为建筑内人员疏散安全管理提供理论依据。另一方面，该方法可应用到公共安全领域的疏散演练与培训中，提升民众的应急疏散逃生意识与能力。

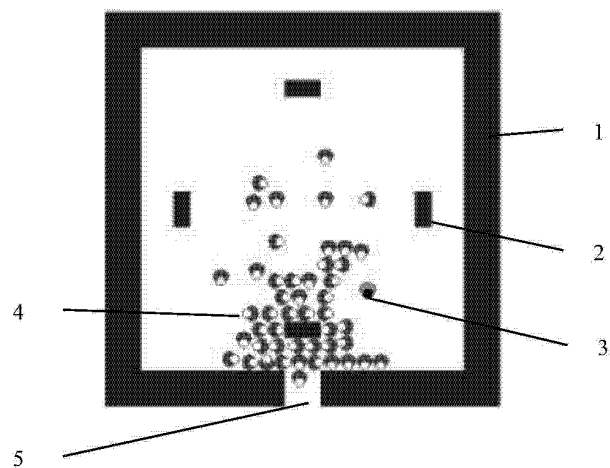


图 1

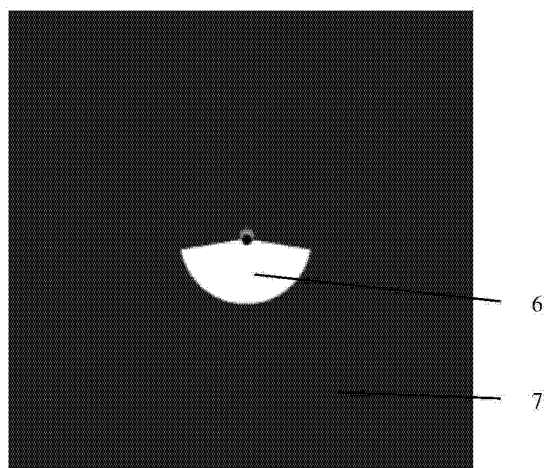


图 2

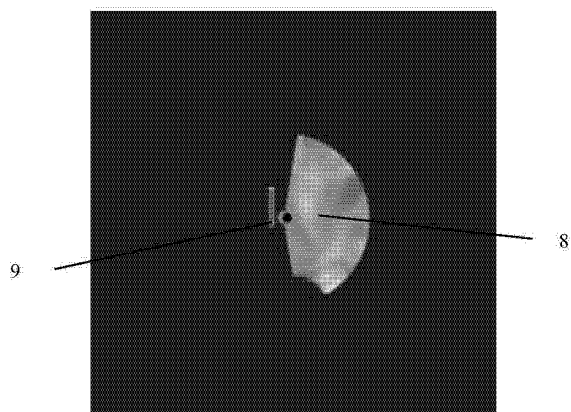


图 3

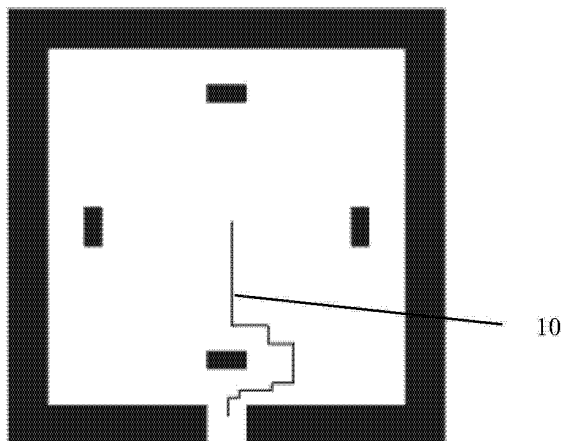


图 4a

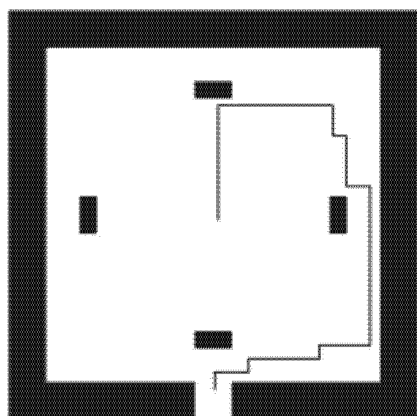


图 4b

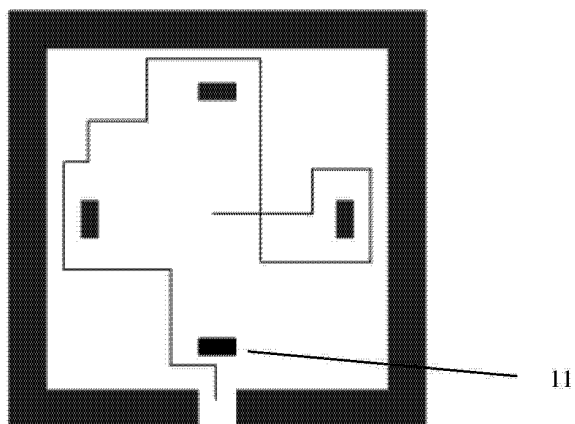


图 4c