



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109859558 A
(43)申请公布日 2019. 06. 07

(21)申请号 201910055372.7
(22)申请日 2019.01.21
(71)申请人 北京科技大学
地址 100083 北京市海淀区学院路30号
(72)发明人 许镇 魏炜 靳伟
(74)专利代理机构 北京市广友专利事务所有限
责任公司 11237
代理人 张仲波
(51)Int.Cl.
G09B 9/00(2006.01)
G06T 17/10(2006.01)
G06T 13/40(2011.01)
G06T 13/20(2011.01)
G06Q 50/26(2012.01)

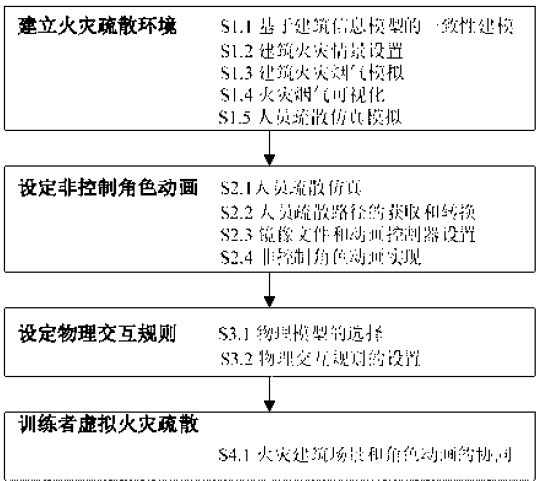
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法

(57)摘要

本发明提供一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法,属于土木工程防灾减灾技术领域。该方法首先建立高真实度火灾虚拟疏散环境,确保疏散场景的合理性;然后,根据人员疏散模拟结果实现非控制角色疏散动画,构建多人疏散动态场景;最后建立训练者和非控制角色的物理交互模型,实现非控制角色对训练者阻碍和碰撞作用的模拟。本发明可以使训练者在虚拟火灾环境体验人员物理影响(包括阻碍、碰撞等),从而更真实的模拟多人情景中的火灾疏散,提高训练者的疏散能力。



1. 一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法, 其特征在于: 包括步骤如下:

S1: 建立火灾疏散环境:

基于建筑信息模型的一致性建模, 建立建筑信息模型; 将建筑信息模型导入三维图形引擎中, 建立人员疏散训练的建筑场景; 将建筑信息模型导入到火灾数值分析软件, 建立建筑火灾模拟数值模型; 基于建立的火灾模拟数值模型, 开展建筑火灾模拟及火灾下人员疏散模拟, 得到火灾烟气蔓延的空间分布和时间变化过程, 以及人员疏散路径数据; 根据模拟结果, 利用粒子系统方法实现疏散训练场景中的火灾烟气可视化;

S2: 设定非控制角色动画:

在S1建立的火灾疏散环境中, 导入人物模型和骨骼动画; 将人员疏散路径数据文件转换格式, 得到可读的基于时间的人物疏散路径; 根据人物的路径和时间, 按照帧动画的方法实现非控制角色的移动路径;

S3: 设定物理交互规则:

结合S1和S2得到的火灾疏散环境以及非控制角色的移动路径, 对训练者和非控制角色分别设定碰撞模型, 训练者采用刚体模型, 非控制角色采用角色控制器模型; 并设定物理交互规则: 当训练者与非控制角色同向运动时, 两者接触后, 限制训练者位移, 表现为阻碍作用; 当训练者与非控制角色相向运动时, 两者接触后, 训练者受到反向作用力, 表现为碰撞作用;

S4: 训练者虚拟火灾疏散:

将S1得到的火灾疏散环境、S2建立的非控制角色动画和S3设定的物理交互规则结合在一起协同工作, 形成考虑非控制角色物理影响的训练者虚拟火灾疏散。

2. 根据权利要求1所述的考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法, 其特征在于: 所述S1中基于建筑信息模型的一致性建模, 具体为使用同一模型分别转化为火灾模拟的数值模型和虚拟疏散环境需要的建筑模型, 保证二者几何数据的一致性; 其中, 上述同一模型为根据建筑几何数据建立的建筑三维模型。

3. 根据权利要求1所述的考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法, 其特征在于: 所述S1中建筑火灾烟气模拟和火灾烟气在疏散环境中的可视化具体为: 对数值模型进行火灾模拟, 得到基于时间间隔的火灾烟气蔓延数据, 在建筑模型中以同样的时间间隔加载烟气粒子系统, 从而在虚拟疏散环境中实现火灾烟气的可视化。

4. 根据权利要求1所述的考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法, 其特征在于: 所述S2中使用S1中得到的人员疏散路径数据, 即人员在不同时刻的空间坐标, 用于非控制角色的移动路径, 并结合人物角色的骨骼模型和骨骼动画, 实现非控制角色人员的移动路径动画。

5. 根据权利要求1所述的考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法, 其特征在于: 所述S3中训练者的碰撞模型使用刚体, 包括碰撞边界和刚体组件, 会受到物理影响; 非控制角色的碰撞模型不使用刚体, 只包括碰撞边界和角色图形, 自身不会受到物理影响, 保证自身原有的移动路径。

6. 根据权利要求1所述的考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法, 其特征在于: 所述S3中物理交互规则为阻碍和碰撞作用, 在训练者碰撞模型的碰撞边界与非控制角色碰撞模型边界接触时, 阻碍训练者进一步移动, 并且根据速度差异施加反向作用力, 形成

碰撞现象。

一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法

技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程防灾减灾技术领域,特别是指一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法。

背景技术

[0002] 在现代社会中,建筑火灾已成为最普遍的灾害之一,它不仅会造成财产损失、威胁人民生命安全,还会破坏生态平衡,甚至造成不良的社会影响。在许多群死群伤的火灾事故中,人员的伤亡主要是由于不正确的疏散逃生行为造成通道堵塞而产生的,即使初期灭火失败没能控制火势的蔓延,若能有效地组织疏散,也将会大大控制火灾事故损失,减少人员伤亡。因此,非常有必要得出安全的人员疏散路线,以减少建筑火灾的危害。

[0003] 现有的建筑火灾人员逃生训练系统,使用有限细胞法在虚拟空间中呈现火灾数值模拟的火灾发展和烟气蔓延结果;利用可扩展三维语言的位置和方向差值器节点将人员疏散模拟结果展现出来;使用碰撞检测节点和脚本节点建立了虚拟受控人员模型(张磊,朱国庆,郭大刚.基于VR的公共建筑火灾逃生训练系统研究[J].消防科学与技术,2015,34(04):526-529)。然而,该方法并没有进行人员碰撞后的物理计算,只采用后退、转身等人为设定的处理结果。已有研究本质上未考虑人员间的物理作用,人为设定结果影响了训练的真实感,难以达到安全疏散训练效果。因此,一种充分考虑人员物理作用的建筑火灾虚拟疏散训练是需要的。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法,实现考虑人员物理作用的建筑火灾虚拟疏散训练。

[0005] 该方法首先,公开了火灾数值模拟和虚拟现实一致性建模方法和基于网格关联的烟气动态可视化算法,建立了数值模拟与虚拟现实关联的建筑火灾训练场景,确保了疏散场景的合理性。然后,公开了基于人员疏散模拟结果的非控制角色NPC疏散动画实现方法,构建了多人疏散场景。最后,建立了训练者和非控制角色的物理模型以及基于刚体动力学的物理交互规则,实现了阻碍和碰撞的人员物理影响。为建筑火灾虚拟疏散训练提供了合理的人员交互环境。

[0006] 具体包括步骤如下:

[0007] S1:建立火灾疏散环境:

[0008] 基于建筑信息模型的一致性建模。建立建筑信息模型;将建筑信息模型导入三维图形引擎中,建立人员疏散训练的建筑场景;将建筑信息模型导入到火灾数值分析软件,建立建筑火灾模拟数值模型。基于建立的火灾模拟数值模型,开展建筑火灾模拟及火灾下人员疏散模拟,得到火灾烟气蔓延的空间分布和时间变化过程,以及人员疏散路径数据,也就是人员在不同时刻的空间坐标。根据模拟结果,利用粒子系统方法实现疏散训练场景中的火灾烟气可视化。

[0009] S2:设定非控制角色动画:

[0010] 在S1建立的火灾疏散环境中,导入人物模型和骨骼动画;将人员疏散路径数据文件转换格式,得到可读的基于时间的人物疏散路径;根据人物的路径和时间,按照帧动画的方法实现非控制角色的移动路径。

[0011] S3:设定物理交互规则:

[0012] 结合S1和S2得到的火灾疏散环境以及非控制角色的移动路径,对训练者和非控制角色分别设定碰撞模型,也就是训练者采用刚体模型,非控制角色采用角色控制器模型;并设定物理交互规则:当训练者与非控制角色同向运动时,两者接触后,限制训练者位移,表现为阻碍作用;当训练者与非控制角色相向运动时,两者接触后,训练者受到反向作用力,表现为碰撞作用。

[0013] S4:训练者虚拟火灾疏散:

[0014] 将S1得到的火灾疏散环境、S2建立的非控制角色动画和S3设定的物理交互规则结合在一起协同工作,形成可考虑非控制角色物理影响的训练者虚拟火灾疏散。

[0015] 其中,S1中基于建筑信息模型的一致性建模,具体为使用同一模型分别转化为火灾模拟的数值模型和虚拟疏散环境需要的建筑模型,保证二者几何数据的一致性;其中,上述同一模型为根据建筑几何数据建立的建筑三维模型。

[0016] S1中建筑火灾烟气模拟和火灾烟气在疏散环境中的可视化具体为:对数值模型进行火灾模拟,得到基于时间间隔的火灾烟气蔓延数据,在建筑模型中以同样的时间间隔加载烟气粒子系统,从而在虚拟疏散环境中实现火灾烟气的可视化。

[0017] 所述S2中使用S1中得到的人员疏散路径数据,也就是人员在不同时刻的空间坐标,用于非控制角色的移动路径,并结合人物角色的骨骼模型和骨骼动画,实现非控制角色人员的移动路径动画。

[0018] S3中训练者的碰撞模型使用刚体,包括碰撞边界和刚体组件,会受到物理影响;非控制角色的碰撞模型不使用刚体,只包括碰撞边界和角色图形,自身不会受到物理影响,保证自身原有的移动路径。

[0019] S3中物理交互规则为阻碍和碰撞作用,在训练者碰撞模型的碰撞边界与非控制角色碰撞模型边界接触时,阻碍训练者进一步移动,并且根据速度差异施加反向作用力,形成碰撞现象。

[0020] 本发明的上述技术方案的有益效果如下:

[0021] 上述方案中,虚拟疏散模型与火灾数值模型是一致的,保证了火灾数值模拟的数据可以高效地应用到虚拟疏散环境中,提高了疏散训练的真实性。同时,在虚拟疏散环境中添加非控制角色路径动画,其路径数据基于人员疏散仿真结果,保证了虚拟疏散的科学性。同时,为训练者和非控制角色添加了物理模型并规定交互规则,实现了考虑物理作用的虚拟疏散训练。本发明可以使训练者在虚拟火灾环境体验人员物理影响(包括阻碍、碰撞等),从而更真实的模拟多人情景中的火灾疏散,提高训练者的疏散能力。

附图说明

[0022] 图1为本发明的考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法流程图;

[0023] 图2为本发明的具体技术流程图;

- [0024] 图3为本发明实施例的一个宿舍楼的建筑三维模型；
- [0025] 图4为本发明实施例的楼层烟气蔓延结果；
- [0026] 图5为本发明实施例的基于网格的建筑火灾烟气可视化效果；
- [0027] 图6为本发明实施例的给非控制角色实现路径动画流程图；
- [0028] 图7为本发明实施例的二进制文件提取转换流程图；
- [0029] 图8为本发明实施例的非控制角色人物模型和碰撞边界；
- [0030] 图9为本发明实施例的基于刚体动力学的碰撞检测示意图；
- [0031] 图10为本发明实施例的根据楼层通道及出口选择的疏散路线；
- [0032] 图11为本发明实施例的受训者的虚拟疏散训练场景；
- [0033] 图12为本发明实施例的有无人员影响下疏散路径用时及烟气综合危害对比图。

具体实施方式

[0034] 为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0035] 本发明提供一种考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练方法。

[0036] 如图1和图2所示，该方法包括步骤如下：

[0037] S1：建立火灾疏散环境：

[0038] 基于建筑信息模型的一致性建模。建立建筑信息模型；将建筑信息模型导入三维图形引擎中，建立人员疏散训练的建筑场景；将建筑信息模型导入到火灾数值分析软件，建立建筑火灾模拟数值模型。基于建立的火灾模拟数值模型，开展建筑火灾模拟及火灾下人员疏散模拟，得到火灾烟气蔓延的空间分布和时间变化过程，以及人员疏散路径数据，也就是人员在不同时刻的空间坐标。根据模拟结果，利用粒子系统方法实现疏散训练场景中的火灾烟气可视化。

[0039] S2：设定非控制角色动画：

[0040] 在S1建立的火灾疏散环境中，导入人物模型和骨骼动画；将人员疏散路径数据文件转换格式，得到可读的基于时间的人物疏散路径；根据人物的路径和时间，按照帧动画的方法实现非控制角色的移动路径；

[0041] S3：设定物理交互规则：

[0042] 结合S1和S2得到的火灾疏散环境以及非控制角色的移动路径，对训练者和非控制角色分别设定碰撞模型，也就是训练者采用刚体模型，非控制角色采用角色控制器模型；并设定物理交互规则：当训练者与非控制角色同向运动时，两者接触后，限制训练者位移，表现为阻碍作用；当训练者与非控制角色相向运动时，两者接触后，训练者受到反向作用力，表现为碰撞作用。

[0043] S4：建筑火灾虚拟疏散环境的建立：

[0044] 将S1得到的火灾疏散环境、S2建立的非控制角色动画和S3设定的物理交互规则结合在一起协同工作，建立建筑火灾虚拟疏散环境。

[0045] 本发明方法的具体功能如下：

[0046] (1) 建立火灾疏散环境

[0047] 1) 建立数值模型：根据建筑几何数据建立建筑三维模型，然后将三维模型转换为

火灾数值模型,以减少直接建立数值模型的工作量。然后进行网格划分,开展火灾蔓延及人员疏散数值模拟,得到基于时间间隔的火灾烟气数据,包括烟气浓度、可见度、气体成分、温度等,为疏散场景提供数据支持。

[0048] 2) 建立虚拟现实模型:首先,为了使火灾数值模拟结果与虚拟疏散环境高效结合,虚拟疏散建筑场景使用同一建筑三维模型,保证了两模型的几何数据一致,然后将1)中得到的火灾烟气数据,以网格形的烟气粒子系统方式在虚拟疏散建筑场景中按照相应的蔓延时间进行可视化,使烟气效果与火灾模拟的结果一致,保证了疏散环境的科学性。

[0049] (2) 实现非控制角色路径动画

[0050] 1) 获取移动路径:将人员疏散模拟得到的人员路径数据提取、转换为可读格式;在图形引擎中将得到的数据实现为非控制角色的路径,提高疏散训练中人员物理影响的科学性。

[0051] 2) 实现角色动画:将人物模型的骨骼系统和骨骼动画结合在一起,并将移动路径与人物的角色动画的结合,使非控制角色可以按照疏散路径行进。

[0052] (3) 设定物理交互规则

[0053] 1) 制作物理模型:本发明基于刚体动力学实现考虑物理作用的疏散演练。首先要实现角色的物理模型,为使训练者受到物理影响,给训练者模型赋予刚体属性,并添加碰撞边界;为了不影响非控制角色的移动路径同时可以对训练者产生物理影响,非控制角色不使用刚体,只添加角色控制器。该控制器包含了碰撞边界,以使用刚体动力学方法检测碰撞,并推开其他刚体组件,以实现训练者的物理影响。

[0054] 2) 规定交互规则:本发明中规定的基于刚体动力学方法的物理作用主要表现为阻碍和碰撞作用。在训练者模型的碰撞边界与非控制角色模型边界接触时,阻碍其进一步移动,并且根据速度差异施加反向作用力,形成碰撞现象。

[0055] (4) 训练者虚拟火灾疏散:将建立的建筑虚拟场景、火灾烟气可视化粒子系统、非控制角色移动路径、非控制角色的非控制角色和训练者的物理模型和基于刚体动力学的交互规则结合起来,形成考虑人员物理影响的建筑火灾虚拟疏散训练系统。

[0056] 下面结合具体实施例予以说明。

[0057] 选择一个宿舍楼为算例进行虚拟疏散演练介绍考虑人员物理作用的建筑火灾虚拟疏散系统的具体实施方式。

[0058] 步骤1,使用建筑的几何数据(建筑外形、楼层高度等)等建立建筑三维信息模型(如图3)。将建筑三维信息模型分别导入到火灾数值模拟软件和图形引擎中,然后得到火灾数值模型和虚拟疏散建筑场景。这种方式可以大大减少直接建立火灾数值模型和虚拟疏散模型的工作量,同时保证二者模型一致,提高数据结合度。

[0059] 步骤2,在火灾数值模拟软件中,根据建筑功能和内部可燃物分布,选择一个起火点,划分网格、设定火灾荷载、模拟时间等模拟条件,进行火灾数值模拟,得到火灾烟气发展过程和影响范围(如图4),同时获得火灾烟气中毒性气体浓度和热辐射通量等指标。

[0060] 步骤3,得到火灾烟气数据后,在虚拟疏散环境中根据火灾数值模拟中划分的网格添加网格形的烟气粒子组件。根据火灾数值模拟中烟气的蔓延过程和范围,按照火灾模拟的时间间隔设定不同位置烟气粒子组件的激活时间(如图5),当烟气组件被激活时,该网格内会充满表示烟气的粒子,表示烟气已蔓延到此处,实现在火灾虚拟疏散环境中的烟气可

视化,且保证了烟气蔓延数据的一致。

[0061] 步骤4,在火灾数值模拟的基础上,根据建筑功能得出建筑内人员的数量和具体的分布,考虑建筑通道和出口数量、位置等,进行人员疏散仿真(如图6)。获得人员疏散逃生路径数据,该数据包含了人员疏散算出的位置坐标和对应的时间。

[0062] 步骤5,将人员疏散模拟所得的人员路径数据的二进制文件提取为可读的路径数据(如图7),以便于应用于后续的路径移动当中。

[0063] 步骤6,在图形引擎中,放置非控制角色人物模型,对其镜像文件进行配置,使人物模型的外形与骨骼相匹配,以添加骨骼动画文件。然后配置动画控制器,实现动作文件和动作切换的条件,最后将动画控制器与镜像文件添加到非控制角色人物模型中,可以实现为人物模型添加奔跑动作。

[0064] 步骤7,为非控制角色添加角色控制器(如图8),使其能对训练者产生物理作用,同时编写代码,将路径数据以三维向量格式写入路径插件中,实现每条路径的总时间、按路径移动方式、控制非控制角色移动朝向。为了方便在初始时可以任意放置非控制角色,将路径的第一个点作为移动的初始点。

[0065] 步骤8,在图形引擎中添加第一人称刚体控制组件代表训练者(如图9),并在组件的代码文件中写入输出路径的代码。定义一个字符串,每隔1秒记录训练者当前的路径点和对应的时间,在虚拟疏散结束后将字符串写入文本文件中。

[0066] 步骤9,让训练者操作第一人称刚体控制组件,分别在有人员和无人员影响下选择一条疏散路径(如图10)进行疏散训练。训练者可以通过鼠标控制第一人称角色的镜头视角,使用键盘控制第一人称角色的移动和加速(奔跑)。训练过程中受训者的视角为第一人称视角,可以使训练者在真实的环境下做出决策(如图11)。

[0067] 步骤10,根据虚拟训练结果,从该条路径分别在有人员和无人员影响下的用时和疏散路径危害的对比(如图12),可知疏散过程中人员影响很大程度上会影响到疏散时间,无人员影响情况下,该路径的疏散时间约为38s,有人员影响的情况下,该路径上的非控制角色较多,通道较窄,在疏散过程中受到其他人员的阻挡、碰撞影响严重,疏散时间达到了89s,延迟了1.1倍左右。根据火灾数值分析得到的烟气毒性气体组成和温度等,可以评价训练者在不同疏散路径上的伤害程度。由于疏散时间的增加,有人员影响下的训练者受火灾伤害要远大于无人员影响情况(如图12)。因此,在建筑火灾虚拟疏散中,考虑人员的物理影响是非常重要的。

[0068] 通过本实施例可以看出,本发明可以使训练者在虚拟火灾环境体验人员物理影响,从而更真实的模拟多人情景中的火灾疏散,提高训练者的疏散能力。

[0069] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

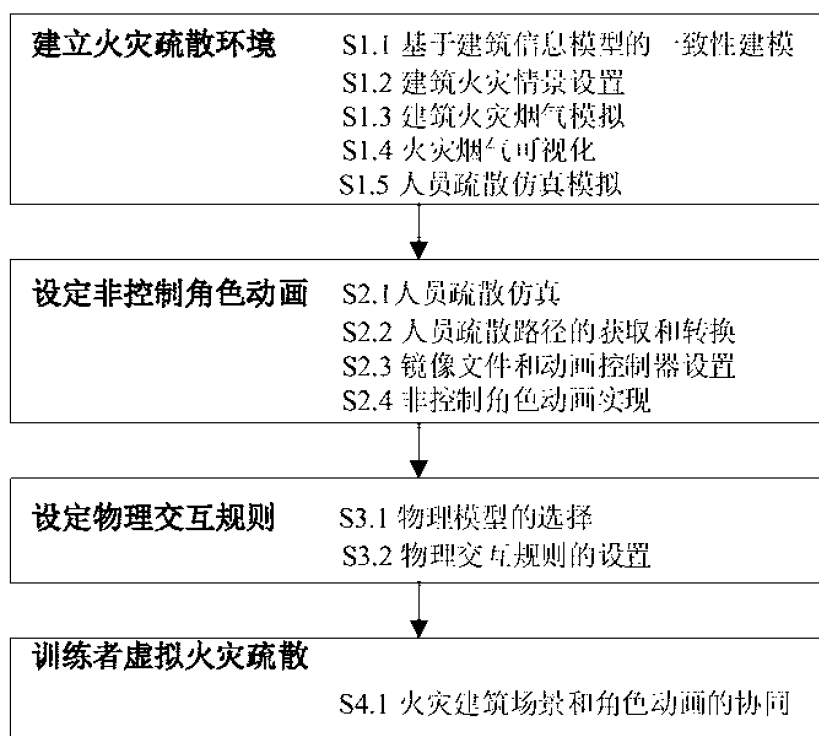


图1

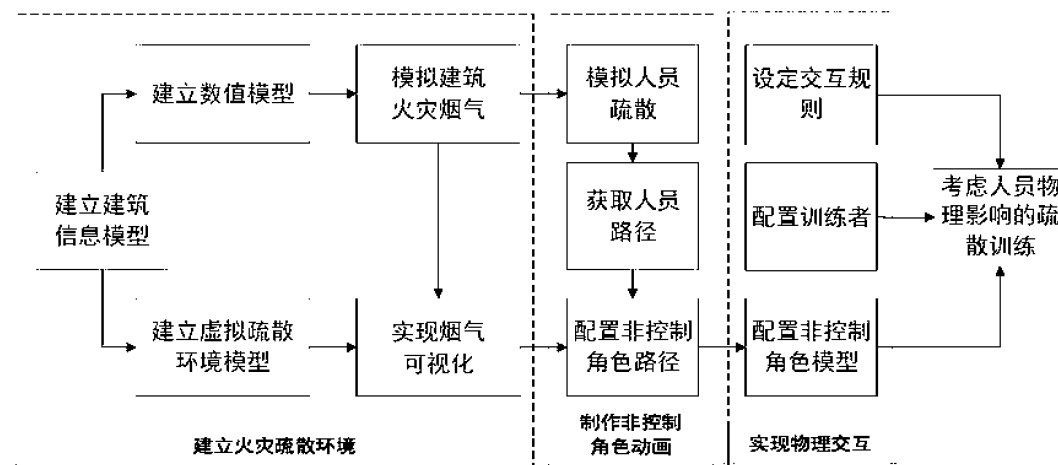


图2

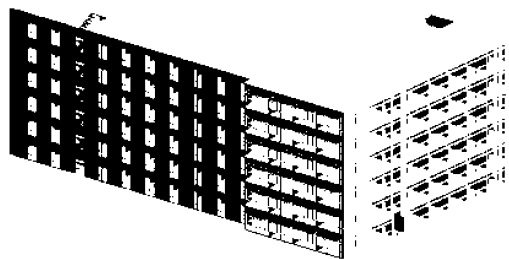


图3

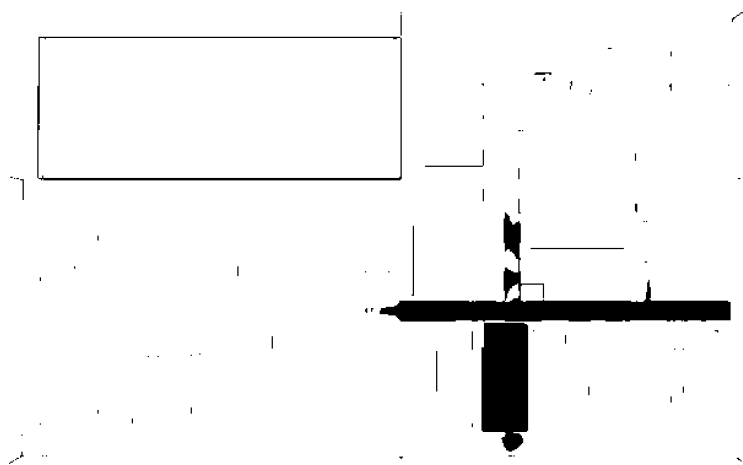


图4

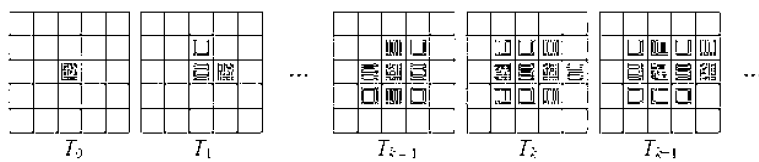


图5

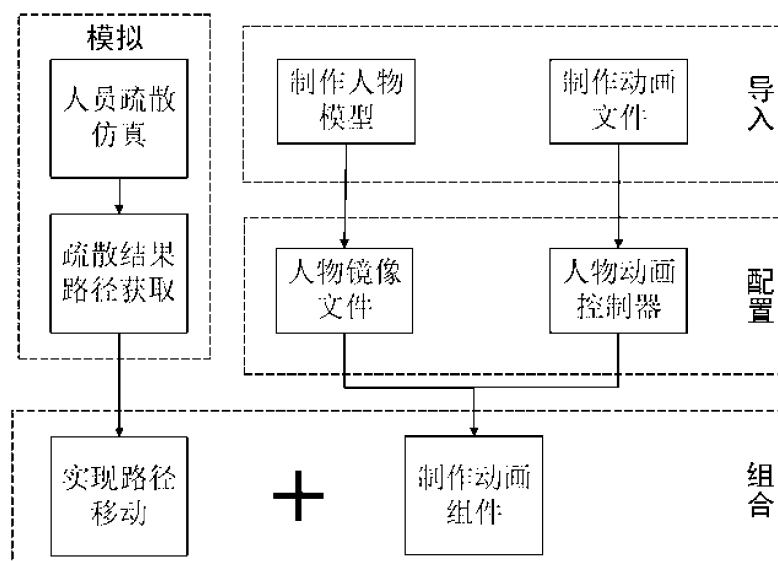


图6

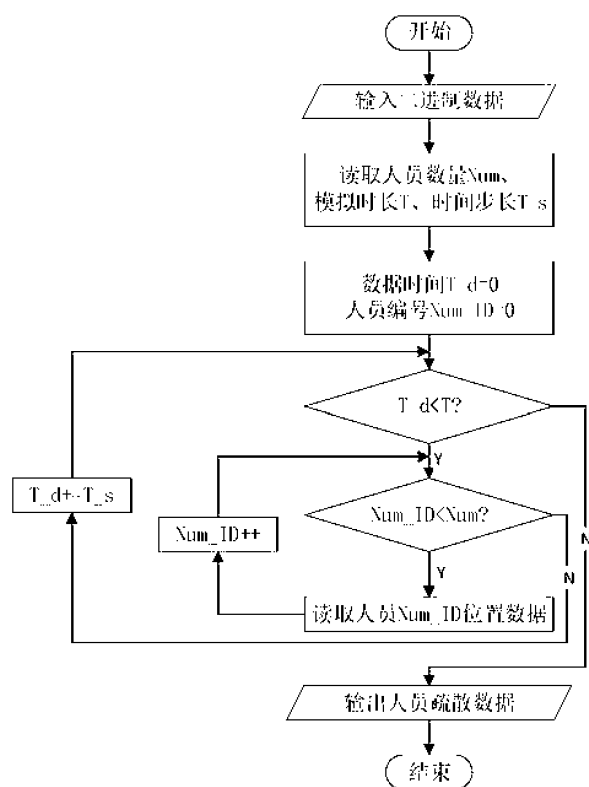


图7

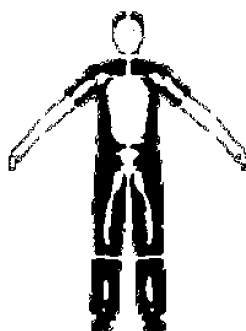


图8

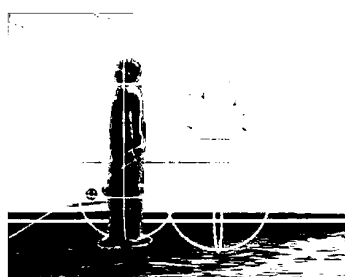


图9

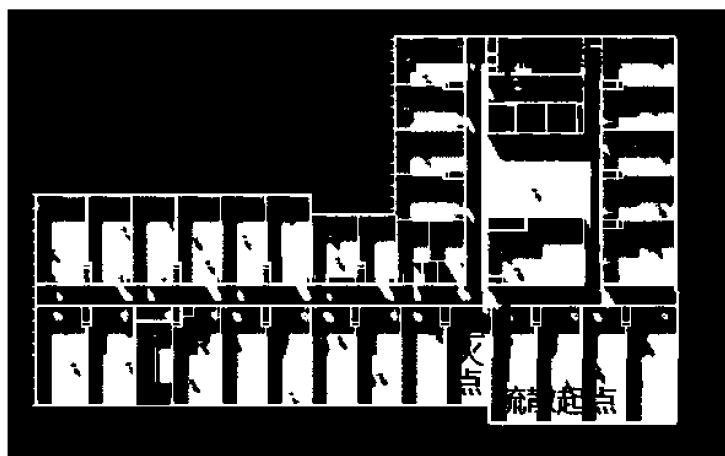


图10



图11

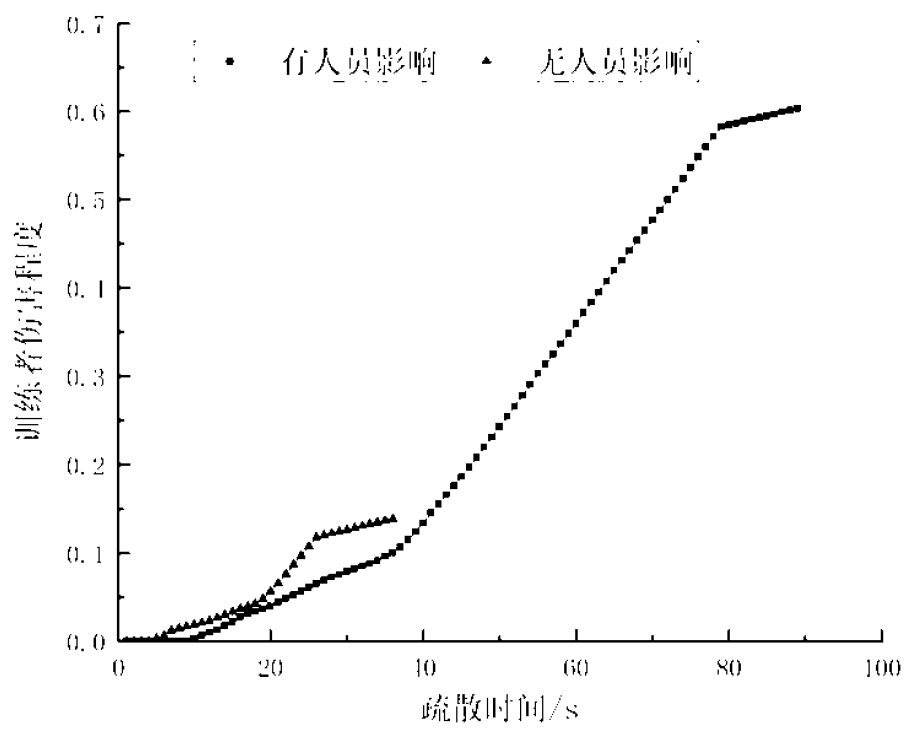


图12