



(12) 发明专利申请

(10) 授权公告号 CN 103065208 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 24

(21) 申请号 201310037281. 3

G08G 1/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2013. 01. 30

(71) 申请人 东莞中国科学院云计算产业技术创新与育成中心

地址 523808 广东省东莞市松山湖高新技术产业开发  
区松科苑 14 号楼

申请人 中国科学院自动化研究所

(72) 发明人 朱凤华 刘胜 王飞跃 吕宜生  
叶佩军 熊刚 董西松

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 宋焰琴

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04 (2012. 01)

G06Q 50/26 (2012. 01)

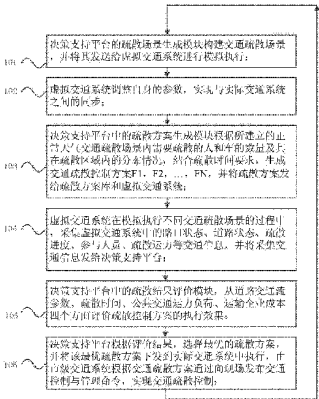
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种虚实互动的交通疏散控制方案的优化方法及其系统

(57) 摘要

本发明提出的一种虚实互动的交通疏散控制方案优化系统,包括数据库、模型库、实际交通系统、虚拟交通系统、决策支持平台和疏散方案库。虚拟交通系统与实际交通系统进行交互同步,实现对交通疏散环境的“平行”描述,决策支持平台包括疏散场景生成、天气场景生成、疏散方案生成和疏散结果评价四个模块,完成大型活动期间的交通疏散实验功能,生成正常和异常天气条件下的交通疏散场景,并对疏散方案效果进行评价。该优化系统通过虚拟系统和实际系统之间的交互,为交通疏散过程提供决策支持。



1. 一种虚实互动的交通疏散控制方案优化系统,其包括实际交通系统、虚拟交通系统和决策支持平台,其中:

实际交通系统,采集现场的交通信息,并根据最优的交通疏散控制方案通过向现场发布交通控制与管理命令,实现交通疏散过程;

虚拟交通系统,模拟决策支持平台发送的交通疏散场景,并在模拟的交通疏散场景下执行决策支持平台发送的各个交通疏散控制方案,并采集不同交通疏散控制方案下的交通信息;

决策支持平台,包含疏散场景生成模块、疏散方案生成模块和疏散结果评价模块;

其中,疏散场景生成模块根据实际交通系统所采集的现场交通信息构建交通疏散场景,并发送该交通疏散场景至虚拟交通系统;疏散方案生成模块根据所构建的交通疏散场景生成不同的交通疏散控制方案,并发送至虚拟交通系统;疏散结果评价模块根据虚拟交通系统所采集的交通信息评价各个不同的交通疏散控制方案,最终给出最优的交通疏散控制方案。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,决策支持平台还包括天气场景生成模块,其用于在天气异常时,根据异常天气情况调整所述疏散场景生成模块所构建的交通疏散场景,并将调整后的交通疏散场景发送至虚拟交通系统。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述虚拟交通系统在运行过程中调整自身运行参数,使得虚拟交通系统与实际交通系统同步运行,所述自身运行参数包括虚拟人在道路周边活动场所上开展活动的概率、虚拟人选择该条道路出行的概率。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述虚拟交通系统和实际交通系统之间是否同步根据以下条件是否同时成立来判断:

1) 实际交通系统与虚拟交通系统中所检测的交通数据的差异是否在阈值范围内;

2) 实际交通系统与虚拟交通系统之间所检测的交通数据的波动差异是否在阈值范围内。

5. 如权利要求4所述的系统,其特征在于,通过地感线圈检测器和视频检测器检测实际交通系统中的交通数据,其中所述交通数据包括行人和车辆的速度、数量和密度分布。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,决策支持平台中的疏散场景生成模块,根据实际交通系统中的交通疏散需求,在虚拟交通系统中构建交通疏散场景,疏散场景的内容包括:

1) 场所分布情况,包括居住区、办公区、学校、商业区、休闲娱乐区分布位置、面积和容纳人数信息;

2) 活动计划模型参数,包括虚拟人一天中要开展的活动类型、活动时间、活动场所;

3) 出行计划模块参数,包括出行时间、出行路线、出行方式。

7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述疏散方案生成模块根据交通疏散场景内需要疏散的人和车的数量及其在疏散区域内的分布情况和疏散时间要求生成不同的交通疏散控制方案。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述疏散结果评价模块从道路交通流参数、疏散时间、公共交通运输力负荷、运输企业成本四个方面评价疏散控制方案。

9. 一种虚实互动的交通疏散控制方案优化方法,其包括:

步骤 101. 根据从实际交通系统中所采集的交通信息构建交通疏散场景,并由虚拟交通系统模拟执行所述交通疏散场景;

步骤 102. 在所构建的交通疏散场景下,生成不同的交通疏散控制方案,并由虚拟交通系统在所述交通疏散场景下模拟执行所述交通疏散控制方案;

步骤 103. 采集模拟执行所述不同的交通疏散控制方案的过程中的交通信息,并根据所采集的交通信息对各个不同的交通疏散控制方案进行评价;

步骤 104. 根据所述评价得到的结果获得最优的交通疏散控制方案,并由实际交通系统执行所述最优的交通疏散控制方案。

10. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括,在异常天气情况下,根据异常天气状况调整所构建的交通疏散控制方案。

## 一种虚实互动的交通疏散控制方案的优化方法及其系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于城市交通控制与管理领域,具体涉及虚拟交通系统和实际交通系统虚实互动的交通疏散辅助决策支持系统。

### 背景技术

[0002] 城市交通是一个典型的复杂系统,覆盖范围广,包含内容多,其管理与控制具有很大难度,交通疏散控制方案的优化是其中具有代表性的难题之一。交通疏散一般发生在大型活动举办或突发事件发生期间,在有限的时间和空间内聚积了大量的车辆和行人,交通压力很大,交通事故等异常事件都会对疏散过程产生严重影响,疏散过程能否顺利完成对活动进行具有决定性的影响作用。

[0003] 一般来说,交通疏散方案的制定与优化要考虑两个步骤。首先,需要分析疏散过程中的交通需求,以保证交通疏散方案能满足交通需求,在此基础上,要考虑天气环境等外界因素的影响作用,并生成相应的处理预案。

[0004] 发明专利申请“一种大型活动中未知交通方式来源客流推测方法”(申请号:CN201110080984.5)能结合历史数据和现场采集数据预测大型活动期间即将达到活动现场客流的短时间预测,其本质相当于交通流数据的时间序列分析方法。现有的交通疏散控制方案优化一般建立在数学模型基础上,这些方法很难完整描述实际的交通场景,尤其是对于天气环境等外界影响缺乏有效的建模手段,难以保证优化结果的可靠性。

### 发明内容

[0005] 本发明为解决交通疏散场景复杂,疏散控制方案难以优化的问题而提出了一种虚拟交通系统和实际交通系统互动的交通疏散控制方案优化系统与方法,通过虚拟系统和实际系统之间的交互,为交通疏散过程提供决策支持。

[0006] 本发明公开了一种虚实互动的交通疏散控制方案优化系统,其包括实际交通系统、虚拟交通系统和决策支持平台,其中:

[0007] 实际交通系统,采集现场的交通信息,并根据最优的交通疏散控制方案通过向现场发布交通控制与管理命令,实现交通疏散过程;

[0008] 虚拟交通系统,模拟决策支持平台发送的交通疏散场景,并在模拟的交通疏散场景下执行决策支持平台发送的各个交通疏散控制方案,并采集不同交通疏散控制方案下的交通信息;

[0009] 决策支持平台,包含疏散场景生成模块、疏散方案生成模块和疏散结果评价模块;

[0010] 其中,疏散场景生成模块根据实际交通系统所采集的现场交通信息构建交通疏散场景,并发送该交通疏散场景至虚拟交通系统;疏散方案生成模块根据所构建的交通疏散场景生成不同的交通疏散控制方案,并发送至虚拟交通系统;疏散结果评价模块根据虚拟交通系统所采集的交通信息评价各个不同的交通疏散控制方案,最终给出最优的交通疏散

控制方案。

[0011] 本发明还公开了一种虚实互动的交通疏散控制方案优化方法,其包括:

[0012] 步骤 101. 根据从实际交通系统中所采集的交通信息构建交通疏散场景,并由虚拟交通系统模拟执行所述交通疏散场景;

[0013] 步骤 102. 在所构建的交通疏散场景下,生成不同的交通疏散控制方案,并由虚拟交通系统在所述交通疏散场景下模拟执行所述交通疏散控制方案;

[0014] 步骤 103. 采集模拟执行所述不同的交通疏散控制方案的过程中的交通信息,并根据所采集的交通信息对各个不同的交通疏散控制方案进行评价;

[0015] 步骤 104. 根据所述评价得到的结果获得最优的交通疏散控制方案,并由实际交通系统执行所述最优的交通疏散控制方案。

[0016] 所述方法还包括,在异常天气情况下,根据异常天气状况调整所构建的交通疏散控制方案。

[0017] 本发明通过实际系统与虚拟系统之间的虚实交互,为解决交通疏散方案的优化提供了新的思路,在提高可实施性的同时,能够更加完整地描述实际交通场景,以提供合理、可靠的优化和评价结果,对保障疏散期间交通系统安全、可靠、高效、有序运行具有重要作用。

#### 附图说明

[0018] 图 1 是本发明提出的一种虚实互动的疏散控制方案优化系统的框图。

[0019] 图 2 是本发明提出的一种虚实互动的疏散控制方案优化方法的流程图。

#### 具体实施方式

[0020] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0021] 本发明提出的一种虚实互动的交通疏散控制方案优化系统 PS,包括:数据库 DB、模型库 MD、实际交通系统 RE、虚拟交通系统 AE、决策支持平台 CP 和疏散方案库 PD。

[0022] 数据库模块 DB 中存放交通系统建模所需要的基础数据,包括城市路网、场所分布、人口分布、规章制度和检测数据。

[0023] 模型库模块 MD 中存放交通系统建模所需要的基础模型,包括活动计划模型、活动地点选择模型、出行路线选择模型、心理活动模型和驾驶行为模型。数据库和模型库模块分别表示了城市交通系统的静态特征和动态特征,它们都来源于实际交通系统,具有开放接口,能接入人口调查、出行调查等数据信息,也能由用户手工输入。

[0024] 实际交通系统 RE 是由人、车、路和交通疏散控制系统等构成的实际交通系统,受交通疏散方案的控制,根据交通疏散方案通过向现场发布交通控制与管理命令,实现实际交通疏散过程。实际交通系统 RE 还包括交通流参数采集设备,采集疏散场所周边的交通流参数。

[0025] 虚拟交通系统 AE 模拟实际的交通疏散场景,与实际交通系统一起构成虚实互动的平行系统。在虚拟交通系统 AE 中配置虚拟的交通信息采集设备,采集虚拟环境中的交通流参数。虚拟交通系统 AE 中的城市路网、场所分布、人口分布、规章制度等数据来源于实际

交通系统,并和实际交通系统保持一致。虚拟交通系统的每个虚拟人具有自己的活动计划,当虚拟人准备进行下一个活动计划时,采用模型库中的活动地点选择模型 M1 计算每个场所作为活动场所的概率,根据场所的概率采用 Monte Carlo 方法选择一个场所作为活动场所。活动场所确定后,虚拟人采用模块库中的出行路线选择模型 M2 选择从当前位置到活动场所的路线作为出行路线。这里的 M1 和 M2 可以是任意合理的随机选择模型,例如,

[0026] 虚拟人(记为 i)的某个活动(记为 j)选择某活动地点(记为 k)的活动地点选择概率模型 M1 可以表示为:

$$[0027] \quad P_{ijk} = \frac{\delta_{jk}(\alpha_k \exp(E_k) + \beta_k \exp(C_k) + r_k \exp(F_k))}{\sum_{k'} \delta_{jk'}(\alpha_{k'} \exp(E_{k'}) + \beta_{k'} \exp(C_{k'}) + r_{k'} \exp(F_{k'}))}$$

[0028] 其中, E 表示地点对于活动的吸引力,由在地点上进行活动的日平均人数来表示; C 表示地点周围的交通便利程度,由地点周围 500m 以内有停靠站点的公交线路数来表示; F 表示虚拟人对地点的熟悉程度,由地点 k 到虚拟人 i 居住地距离的倒数来表示;如果地点 k 可以作为活动 j 的场所,则  $\delta_{jk} = 1$ ,如果地点 k 不可以作为活动 j 的场所,作为  $\delta_{jk} = 0$ ;  $\alpha_k$ ,  $\beta_k$ ,  $r_k$  分别是地点 k 对应的活动吸引力、交通便利程度和地点熟悉度比例系数,其值一般通过实际交通系统中的出行调查数据标定活动,缺省值为分别为 0.01, 0.1, 0.05。

[0029] 根据数据库中的城市路网和场所分布计算起始地到目的地所有路线的集合,记为  $\Phi$ ,虚拟人(记为 i)选择其中一条出行路线(记为 R)的出行路径选择概率模型 M2 可以为:

$$[0030] \quad P_R = \frac{\exp(at_R + bF_R)}{\sum_{R' \in \Phi} (\exp(at_{R'} + bF_{R'}))}$$

[0031] 其中  $t_R$  和  $F_R$  分别是路线 R 的行程时间和虚拟人 i 对路线 R 的熟悉程度, a 和 b 是对应路线 R 的行程时间和路线熟悉程度比例系数。

[0032] 虚拟交通系统在运行过程中调整自身运行参数,使得虚拟交通系统和实际交通系统的运行保持同步,调整方法为针对虚拟交通系统内的每一条道路执行以下过程:

[0033] 1) 增加(或减少)虚拟人在道路周边活动场所上开展活动的概率,使得更多(或更少)的人和车到道路周边进行活动;

[0034] 2) 增加(或减少)虚拟人选择该条道路出行的概率,使得更多(或更少)的人和车在出行过程中经过该条道路;

[0035] 3) 判断实际交通系统内该条道路上的检测数据和虚拟交通系统内该条道路上的检测数据之间的差异如何变化,如果差异减少,继续朝相同方向调整,否则朝相反方向调整;

[0036] 4) 上面的三个步骤反复执行,直至实际交通系统内该条道路上的检测数据和虚拟交通系统内该条道路上的检测数据实现同步。

[0037] 上面的调整过程会通过场所选择概率模型 M1 和路径选择概率模型 M2 影响到虚拟人的出行行为,通过大量虚拟人个体行为的调整,使得虚拟交通系统中的交通流参数符合实际。

[0038] 判断实际交通系统与虚拟交通系统在一条道路上是否“同步”的标准为以下两个条件同时成立:

[0039] 条件 1:对于该条道路上任意给定的检测器,其在虚拟交通疏散环境中的当前值

记为  $A_t$ , 在实际交通疏散环境中的当前值记为  $R_t$ ,  $\left| \frac{A_t - R_t}{R_t} \right| < \delta_1$ , 表示实际交通系统和虚拟交通系统之间检测数据的差异在一定的幅度内, 其中  $\delta_1$  是由应用环境确定的阈值, 缺省值为 5% ;

[0040] 条件 2 : 对于该条道路上任意给定的检测器, 其在虚拟交通疏散环境中上一时刻的值记为  $A_{t-1}$ , 在实际交通疏散环境中上一时刻的值记为  $R_{t-1}$ ,  $\left| \frac{(A_t - A_{t-1}) - (R_t - R_{t-1})}{R_t - R_{t-1}} \right| < \delta_2$ , 表示实际交通系统和虚拟交通系统之间检测数据波动的差异在一定的幅度内, 其中  $\delta_2$  是由应用环境确定的阈值, 缺省值为 5%。

[0041] 上面提到的检测器包括但不限于以下类型检测器 :

[0042] 1) 地感线圈检测器 : 检测车辆速度、车辆数、占有率 ;

[0043] 2) 车辆视频检测器 : 检测车辆速度、车辆数、车辆密度、车型分类 ;

[0044] 3) 行人视频检测器 : 检测行人数量、行走速度、人群密度。

[0045] 决策支持平台 CP 包含疏散场景生成模块、天气场景生成模块、疏散方案生成模块和疏散结果评价模块 ; 其中的疏散场景生成模块, 根据实际交通系统中采集的数据, 构建虚拟交通系统中的交通疏散场景, 疏散场景的内容包括 :

[0046] 1) 场所分布情况, 包括居住区、办公区、学校、商业区、休闲娱乐区分布位置、面积和容纳人数信息 ;

[0047] 2) 活动计划模型参数, 包括虚拟人一天中要开展的活动类型、活动时间、活动场所等信息 ;

[0048] 3) 出行计划模块参数, 包括出行时间、出行路线、出行方式等。

[0049] 上面的疏散场景发送给虚拟交通系统后, 会形成每个虚拟人的活动计划和出行计划, 通过大量虚拟人个体出行活动过程, 生成复杂的交通疏散过程。

[0050] 决策支持平台 CP 中的天气场景生成模块根据异常天气调整交通疏散场景。异常天气包括轻微影响天气、一般影响天气和严重影响天气三类, 每类异常天气的内容及其实现方法如下 :

[0051] 1) 轻微影响天气

[0052] 轻微影响天气包括小到中雨、轻微的雾和沙尘 (能见度在 200 米到 500 米) 等天气。这类天气的实现方法包括 : ①调整虚拟人的驾驶行为模型, 增加车辆行驶中的加、减速的频率, 降低车辆行使的平均速度 ; ②调整虚拟人的活动计划模型, 小幅度减少购物、娱乐、体育活动等非必要出行的发生概率, 小幅度降低总体出行人数。

[0053] 2) 一般影响天气

[0054] 一般影响天气包括中到大雨、小雪、中等程度的雾和沙尘 (能见度在 50 米到 200 米) 等天气。这些天气实现方法包括 : ①调整虚拟人的驾驶行为模型, 降低车辆的行使速度 ; ②调整虚拟人的心理活动模型, 增加心理上的波动, 增加虚拟人对外界环境的刺激的反应时间, 增加发生交通事故的概率 ; ③调整虚拟人的活动计划模型, 较大幅度减少购物、娱乐、体育活动等非必要出行的发生概率, 小幅度降低上班、上学等必要出行的发生概率, 根据异常天气提前或延后出行的时间。

[0055] 3) 严重影响天气

[0056] 严重影响天气包括暴雨、中到大雪、能见度在 50 米以下的雾和沙尘等天气。这些天气对实现方法包括：①调整虚拟人的驾驶行为模型，车辆行驶车辆的速度控制在 20kmph 以下；②调整虚拟人的心理活动模型，心理上增加严重干扰，增加违反交通法规的发生概率，显著增加交通事故的发生概率；③调整虚拟人的活动计划模型，购物、娱乐、体育活动等非必要出行的发生概率趋近于 0，降低上班、上学等必要出行的发生概率，减少私家车出行比例，增加公共交通出行比例。

[0057] 决策支持平台 CP 中的疏散方案生成模块，根据交通疏散场景内需要疏散的人和车的数量及其在疏散区域内的分布情况结合疏散时间要求，生成交通疏散控制方案，不同交通疏散控制方案的生成包括以下方面：

[0058] 1) 增加经过疏散区域的公共交通（包括公交车、地铁等）发车班次；

[0059] 2) 增开从疏散区域到周围交通枢纽的临时公交车；

[0060] 3) 调整疏散区域周边路口的交通信号控制方案在保证交通安全的前提下，减少进入疏散区域的方向上的绿灯时间，增加离开疏散区域方向上绿灯时间；

[0061] 4) 发布交通诱导信息，引导疏散区域内的车辆尽快离开，并引导疏散区域外部可能经过疏散区域的通行车辆绕行疏散区域；

[0062] 疏散决策支持平台 CP 中的疏散结果评价模块，从道路交通流参数、疏散时间、公共交通运输力负荷、运输企业成本四个方面评价疏散控制方案的效果，评价方法如下：

[0063] 1) 根据道路交通流参数如疏散区域内的车辆平均速度（单位：公里/小时），将疏散方案划分为优、良、中、差四个等级，每个等级对应的车辆平均速度可以由用户进行定义，缺省值分别为 60 以上、40 到 60 之间、20 到 40 之间、20 以下；

[0064] 2) 根据疏散时间（单位：分钟）将疏散方案划分为优、良、中、差四个等级，每个等级对应的疏散时间可以由用户定义，缺省值为小于 20、20 到 40 之间、40-60 之间、60 以上；

[0065] 3) 根据公共交通运输力负荷（单位：%），将疏散方案划分为优、良、中、差四个等级，每个等级对应的运力负荷可以由用户定义，缺省值为 80-100 之间、100-140 之间或 60-80 之间、140-200 之间或 40-60 之间，大于 200 或小于 40；

[0066] 4) 根据运输企业成本（单位：元），将疏散方案划分为优、良、中、差四个等级，每个等级对应的运输企业成本由用户定义；

[0067] 5) 上面的四个评价结果可以单独使用，也可以根据加权系数对上面的四个评价结果进行加权运算，得到疏散方案的整体评价结果，加权系数和加权运算方法可以由用户根据需要设定。

[0068] 疏散方案库 PD 用于存放交通疏散方案，交通疏散方案的内容包括公交调度方案、交通信号控制方案和交通诱导方案。疏散方案库 PD 中方案的初始值由交通管理人员根据经验配置，系统运行过程中会不断产生新的优化方案，并加入到疏散方案中。

[0069] 本发明还提出了一种虚实互动的交通疏散控制方案优化方法，其包括以下步骤：

[0070] 步骤 101：决策支持平台的疏散场景生成模块构建交通疏散场景，并将其发送给虚拟交通系统进行模拟执行；

[0071] 步骤 102：虚拟交通系统调整自身的参数，实现与实际交通系统之间的同步；

[0072] 步骤 103：决策支持平台中的疏散方案生成模块根据所建立的正常天气交通疏散场景内需要疏散的人和车的数量及其在疏散区域内的分布情况，结合疏散时间要求，生成



交通疏散控制方案  $F_1, F_2, \dots, F_N$ , 并将疏散方案发给疏散方案库和虚拟交通系统;

[0073] 步骤 104: 虚拟交通系统在模拟执行不同交通疏散场景的过程中, 采集虚拟交通系统中的路口状态、道路状态、疏散进度、参与人员、疏散运力等交通信息, 并将采集交通信息发给决策支持平台;

[0074] 步骤 105: 决策支持平台中的疏散结果评价模块, 从道路交通流参数、疏散时间、公共交通运输力负荷、运输企业成本四个方面评价疏散控制方案的执行效果;

[0075] 步骤 106: 决策支持平台根据评价结果, 选择最优的疏散方案, 并将该最优疏散方案下发到实际交通系统中执行, 由市级交通系统根据交通疏散方案通过向现场发布交通控制与管理命令, 实现交通疏散控制然后返回步骤 101 继续执行。

[0076] 所述方法还包括在异常天气情况下决策支持平台中的异常天气场景生成模块根据异常天气情况调整所构建的交通疏散场景, 并将调整后的交通疏散场景发送给虚拟交通系统进行模拟执行。

[0077] 以上所述的具体实施例, 对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明, 所应理解的是, 以上所述仅为本发明的具体实施例而已, 并不用于限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

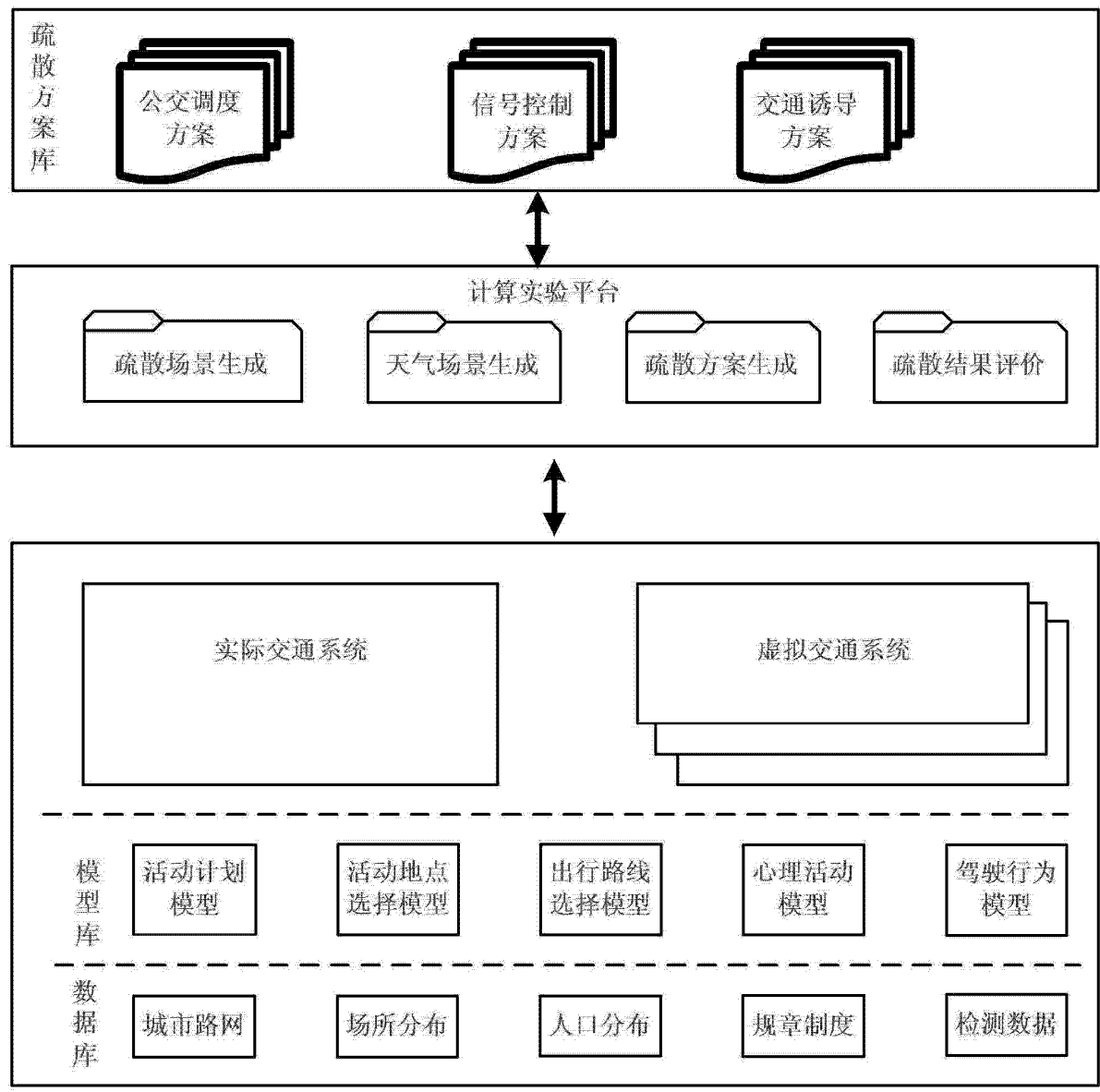


图 1

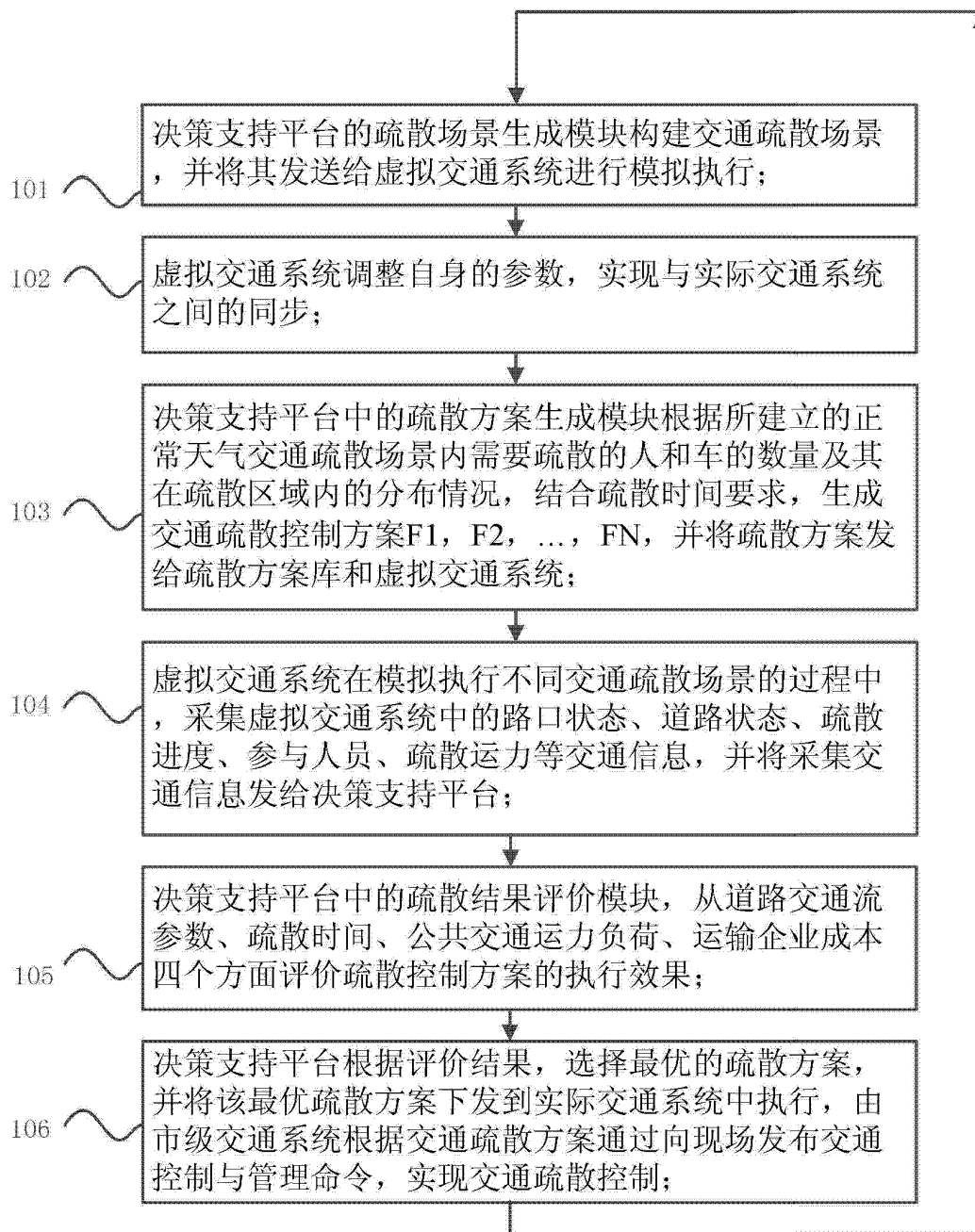


图 2