



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103593361 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201210290571. 4

(22) 申请日 2012. 08. 14

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114 号

(72) 发明人 库涛 朱云龙 王亮 吴俊伟
吕赐兴 陈瀚宁 张丁一

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 周秀梅 许宗富

(51) Int. Cl.

G06F 17/30(2006. 01)

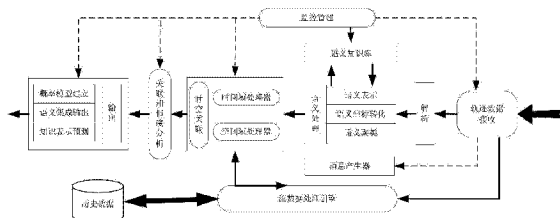
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

感应网络环境下移动时空轨迹分析方法

(57) 摘要

本发明涉及感应网络环境下的移动行为分析与预测技术领域,具体的说是一种感应网络环境下移动时空轨迹分析方法。包括数据接收:接收定位装置所产生的轨迹移动位置数据,并将其数据格式解析成适用于数据处理的数据格式;语义处理:将语义轨迹数据进行聚类操作;时空关联:分别在时间域和空间域对聚类后的语义轨迹数据进行特征分析与统计,同时结合时间域与空间域进行时空关联度分析;关联相似度分析:计算语义轨迹的时空关联相似度,对于不同空间域之间、不同移动对象之间的关联度分别进行分析计算;输出结果。本发明解决了传统事务型数据库中时间空间维度的连续化处理与相互关联的问题,满足了感应网络应用服务对轨迹移动数据实时分析的需要。



1. 一种感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,包括以下步骤:

数据接收与解析:接收定位装置所产生的轨迹移动位置数据,包括移动位置点数据和与之对应的时间数据;对其中的噪声数据、冗余数据、错误数据及不完整数据进行滤除清洗;对清洗后的数据进行线性插值操作,即对相邻位置数据时间间隔值超过阈值的数据,在相邻位置间线性化添加位置点数据,该阈值与具体的应用背景相结合由用户给出;

语义处理:将解析后的轨迹移动位置数据转化为抽象意义上的语义轨迹数据,即对时空三维坐标表示的移动位置数据进行二维坐标下的语义转换,具体为将由 GPS 经度、纬度表示的空间二维元素转换为地理信息下的区域语义一维元素,对应的时间维度元素不变;在此基础上将语义轨迹数据中的相近区域位置数据进行归类;

时空关联:分别在时间域和空间域对经语义处理后的数据按分布特征与密度特征进行相似性分析统计,结合时间域与空间域进行时空关联度分析;所述关联相似度分析为:计算语义轨迹的时空关联相似度,对于不同空间域之间、不同移动对象之间的关联度分别进行计算;

输出:根据上述的关联相似度分析结果建立概率模型,对于所发现的轨迹模式进行语义集成化处理,产生可读的输出结果;计算移动对象个体与群体的时空轨迹概率,预测其未来的时空轨迹位置。

2. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,所述解析的对象包括由不同移动位置采集设备所获取的不同标准、不同格式的轨迹移动位置数据。

3. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,所述空间位置语义知识信息表示社会附属信息,包括人口统计分布信息、经济社会信息以及机构设置、区域划分。

4. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,所述经过语义处理后的语义轨迹数据存储于语义知识库中。

5. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,所述定位装置所产生的轨迹移动位置数据以提示消息的方式发送到对应移动设备上。

6. 根据权利要求 5 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,所述提示消息包括数据发送、传输消息和异常情况提示。

7. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,其特征在于,所述时空关联具体为:

在位置对之间产生相似度量矩阵:1)对移动轨迹所覆盖的轨迹空间以网络互连的方式进行位置网络计算,将轨迹空间划分为 n 个互不相连的区域集合,对该集合中的任意两个区域基于拓扑关系计算其轨迹连接数;

2)对应于上述所划分的区域计算其区域兴趣度量:

$$\text{Value} = f(N_{\text{in}}, N_{\text{out}}, \Delta T)$$

其中 N_{in} 表示进入该区域的轨迹数, N_{out} 表示离开该区域的轨迹数, ΔT 表示轨迹停留的时间累积, Value 表示基于上述三个参数所得出的空间区域的兴趣度量;

3)在区域兴趣度量与区域间轨迹连接的基础上进行相似位置间聚类,从而建立区域与时间关联量化关系,并得出具有相同轨迹访问特征的区域;

$$L = \begin{bmatrix} l_{1,1} & \dots & l_{1,n} \\ \dots & l_{i,j} & \dots \\ l_{n,1} & \dots & l_{n,n} \end{bmatrix}, 0 \leq l_{i,j} \leq 1$$

其中, $l_{i,j}$ 表示第 i 个区域与第 j 个区域之间的相似度量值, 且矩阵对角线元素恒等于 1;

4) 利用空间语义下的位置对相似矩阵对空间位置进行聚类, 使具有相似语义的空间位置被归为一类;

在移动对象之间建立相似度量矩阵: 基于移动对象轨迹空间网络拓扑关系, 对不同区域上的移动对象相似关系建立度量矩阵, 该度量矩阵用以表示 n 个移动对象在某一区域上的移动相似关联关系, 如停留时间、移动频率、起始与终止位置,

$$M = \begin{bmatrix} m_{1,1} & \dots & m_{1,n} \\ \dots & m_{i,j} & \dots \\ m_{n,1} & \dots & m_{n,n} \end{bmatrix}, 0 \leq m_{i,j} \leq 1$$

其中, $m_{i,j}$ 表示第 i 个移动对象与第 j 个移动对象之间的相似度量值, 矩阵对角线元素 $m_{i,j}$ 恒等于 1。

8. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法, 其特征在于, 所述数据接收、语义处理、时空关联、关联相似度分析和结果输出都是在监控状态下进行, 对于异常与错误情况进行报警提示。

9. 根据权利要求 1 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法, 其特征在于, 所述解析后的轨迹数据进行语义转化处理, 转化后的语义流数据一方面与历史轨迹数据相比较, 分别进行个体轨迹关联分析及群体轨迹关联分析; 另一方面利用预先设定的已知事件条件进行条件匹配, 如果满足某个预先设定的事件构成条件, 即认为是某一个确定事件的发生, 从而产生异常报警等操作。

10. 根据权利要求 9 所述的感应网络环境下移动时空轨迹分析方法, 其特征在于, 所述监测得到的异常事件保存在历史数据库中以进行历史事件更新。

感应网络环境下移动时空轨迹分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及感应网络环境下的移动行为分析与预测技术领域,具体的说是一种感应网络环境下移动时空轨迹分析方法。

背景技术

[0002] 目前,随着 GPS 等移动位置采集装置的普及以及无线传输、泛在计算技术的发展,基于移动物体位置信息的行为模式挖掘、实时位置服务、移动位置预测等时空轨迹分析领域的研究越来越引起学术界与产业界的关注,其相关的应用也日趋广泛。目前在智能交通管理与调度、突发性群体事件的监测处理、生态环境的变化感知、移动网络增值业务等方面已有相关的基础应用。由于时空轨迹数据在时间维度和空间维度上分别具有连续特性,同时时空关联广泛地存在于轨迹分析的过程中,因此结合时空维度分布特性进行轨迹分析十分必要。但是,目前现有的轨迹移动分析方法或是只考虑空间维度的分布特征,或是只考虑移动位置依照时间先后顺序的空间分布特征,对于时空关联轨迹方面尚无成熟的分析方法。同时基于背景知识(如区域人口统计分布、移动位置点语义表示等等),时间空间相互关联相似度聚类,语义空间的移动模型表示等方面缺少相关的分析研究方法,这对于轨迹移动分析与移动服务的应用带来了巨大的难题。因此,迫切需要一种有效地轨迹分析方法对于移动位置信息进行深层次的特征分析与模式抽取。

发明内容

[0003] 针对现有技术中存在的上述问题,本发明提供了一种基于移动位置轨迹分析的系统性方法,通过时空关联分析与空间位置语义背景进行轨迹的分析与模式的发现,有效解决了 LBS 下的移动物体位置轨迹信息的关联分析方面存在的不足,满足了移动服务应用对于实时性、复杂性、集成性、现实性等方面的需要。

[0004] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:感应网络环境下移动时空轨迹分析方法,包括以下步骤:

[0005] 数据接收与解析:接收定位装置所产生的轨迹移动位置数据,包括移动位置点数据和与之对应的时间数据;对其中的噪声数据、冗余数据、错误数据及不完整数据进行滤除清洗;对清洗后的数据进行线性插值操作,即对相邻位置数据时间间隔值超过阈值的数据,在相邻位置间线性化添加位置点数据,该阈值与具体的应用背景相结合由用户给出;

[0006] 语义处理:将解析后的轨迹移动位置数据转化为抽象意义上的语义轨迹数据,即对时空三维坐标表示的移动位置数据进行二维坐标下的语义转换,具体为将由 GPS 经度、维度表示的空间二维元素转换为地理信息下的区域语义一维元素,对应的时间维度元素不变;在此基础上将语义轨迹数据中的相近区域位置数据进行归类;

[0007] 时空关联:分别在时间域和空间域对经语义处理后的数据按分布特征与密度特征进行相似性分析统计,结合时间域与空间域进行时空关联度分析;所述关联相似度分析为:计算语义轨迹的时空关联相似度,对于不同空间域之间、不同移动对象之间的关联度分别

进行计算；

[0008] 输出：根据上述的关联相似度分析结果建立概率模型，对于所发现的轨迹模式进行语义集成化处理，产生可读的输出结果；计算移动对象个体与群体的时空轨迹概率，预测其未来的时空轨迹位置。

[0009] 所述解析的对象包括由不同移动位置采集设备所获取的不同标准、不同格式的轨迹移动位置数据。

[0010] 所述空间位置语义知识信息表示社会附属信息，包括人口统计分布信息、经济社会信息以及机构设置、区域划分。

[0011] 所述经过语义处理后的语义轨迹数据存储在语义知识库中。

[0012] 所述定位装置所产生的轨迹移动位置数据以提示消息的方式发送到对应移动设备上。

[0013] 所述提示消息包括数据发送、传输消息和异常情况提示。

[0014] 所述时空关联具体为：

[0015] 在位置对之间产生相似度度量矩阵：1)对移动轨迹所覆盖的轨迹空间以网络互连的方式进行位置网络计算，将轨迹空间划分为 n 个互不相连的区域集合，对该集合中的任意两个区域基于拓扑关系计算其轨迹连接数；

[0016] 2) 对应于上述所划分的区域计算其区域兴趣度量：

[0017] $Value = f(N_{in}, N_{out}, \Delta T)$

[0018] 其中 N_{in} 表示进入该区域的轨迹数， N_{out} 表示离开该区域的轨迹数， ΔT 表示轨迹停留的时间累积， $Value$ 表示基于上述三个参数所得出的空间区域的兴趣度量；

[0019] 3) 在区域兴趣度量与区域间轨迹连接的基础上进行相似位置间聚类，从而建立区域与时间关联量化关系，并得出具有相同轨迹访问特征的区域；

$$[0020] \quad L = \begin{bmatrix} l_{1,1} & \dots & l_{1,n} \\ \dots & l_{i,i} & \dots \\ l_{n,1} & \dots & l_{n,n} \end{bmatrix}, 0 \leq l_{i,j} \leq 1$$

[0021] 其中， $l_{i,j}$ 表示第 i 个区域与第 j 个区域之间的相似度量值，且矩阵对角线元素恒等于 1；

[0022] 4) 利用空间语义下的位置对相似矩阵对空间位置进行聚类，使具有相似语义的空间位置被归为一类；

[0023] 在移动对象之间建立相似度度量矩阵：基于移动对象轨迹空间网络拓扑关系，对不同区域上的移动对象相似关系建立度量矩阵，该度量矩阵用以表示 n 个移动对象在某一区域上的移动相似关联关系，如停留时间、移动频率、起始与终止位置，

$$[0024] \quad M = \begin{bmatrix} m_{1,1} & \dots & m_{1,n} \\ \dots & m_{i,i} & \dots \\ m_{n,1} & \dots & m_{n,n} \end{bmatrix}, 0 \leq m_{i,j} \leq 1$$

[0025] 其中， $m_{i,j}$ 表示第 i 个移动对象与第 j 个移动对象之间的相似度量值，矩阵对角线元素 $m_{i,i}$ 恒等于 1。

[0026] 所述数据接收、语义处理、时空关联、关联相似度分析和结果输出都是在监控状态下进行,对于异常与错误情况进行报警提示。

[0027] 所述解析后的轨迹数据进行语义转化处理,转化后的语义流数据一方面与历史轨迹数据相比较,分别进行个体轨迹关联分析及群体轨迹关联分析;另一方面利用预先设定的已知事件条件进行条件匹配,如果满足某个预先设定的事件构成条件,即认为是某一个确定事件的发生,从而产生异常报警等操作。

[0028] 所述监测得到的异常事件保存在历史数据库中以进行历史事件更新。

[0029] 本发明具有以下优点:

[0030] 通过移动位置感知便携式装置或设备对移动物体自身移动信息的采集记录,可间接地反映移动物体所处外部环境的相关信息以及移动群体的相关信息。轨迹移动作为感应网络环境下直观、动态的信息形式不仅可以对移动对象提供基于位置的服务、移动信息交互等应用服务,而且可以对移动群体的内在规律与变化趋势进行感知与预测,同时可以对环境信息进行实时反映以便于管理、优化公共基础设施的建设及维护。

[0031] 轨迹移动位置信息的分析方法在时空关联维度的弱化与缺失对感应网络下的相关应用产生了较大的阻碍作用,在一定程度上成为了感应网络相关应用广泛推广的瓶颈,尤其是对于实时位置信息基础之上复杂综合服务应用在实时服务提供、异常情况的快速检测与跟踪、移动行为模式的综合性抽取等方面形成了明显的制约。

[0032] 本发明所提供的基于时间、空间维度相互关联的轨迹分析方法,结合轨迹位置点的语义表示与相应位置人口统计分布信息,在轨迹历史时间记录、实时时间记录以及未来有限时间区间等不同方面对单个个体、相同群体之间、不同群体之间进行分析比较,解决了位置语义背景知识、人口统计分布信息与空间位置点之间结合不够紧密、时间维度信息与空间位置信息无法有效关联、时空轨迹移动行为模式与现实知识挖掘之间无法交互等相关问题。

附图说明

[0033] 图 1 是本发明的方法流程图;

[0034] 图 2 是本发明时空关联处理示意图;

[0035] 图 3 是本发明轨迹流数据实时处理引擎原理结构图;

[0036] 图 4 是本发明应用的集成系统结构图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0038] 如图 1 所示,是本发明的方法流程图。时空关联分析(Spatial-Temporal Correlation Analysis, STCA)基于语义知识库对轨迹数据进行时空维度上的语义转化及表示,通过时间域、空间域的关联分析器比较计算不同位置对之间、不同移动对象之间的关联相似度,以历史数据库中的轨迹数据作为比较对象,最终生成语义轨迹行为模式。时空关联分析主要由以下组件构成:

[0039] ①轨迹数据接收:用于接收定位装置所产生的轨迹移动位置数据。

[0040] ②解析:用于解析由不同移动位置采集设备所获取的不同标准、不同格式的轨迹

位置数据。

[0041] ③语义知识库：存储轨迹移动所覆盖区域的空间位置语义知识信息，包括人口统计分布信息、经济社会信息以及机构设置、区域划分等社会附属信息，以及时间维度上的移动统计分布知识等，语义知识库作为背景知识为时空轨迹预处理、划分、聚类等操作提供支持。

[0042] ④语义处理：与语义知识库进行交互，对于解析所产生的轨迹数据进行语义表示、语义坐标转化、语义聚类等操作；语义表示为将原始轨迹数据转化为抽象意义上的语义轨迹数据，语义坐标转化为将原始轨迹数据的时空三维坐标转化为语义坐标下的二维坐标表示，语义聚类为在此基础上对语义轨迹进行的聚类操作。一方面剔除冗余轨迹数据，另一方面发现异常轨迹。

[0043] ⑤消息产生：产生发送到相关移动设备上的数据发送与传输消息以及异常情况的提示消息。

[0044] ⑥时空关联分析：分别在时间域和空间域对语义轨迹数据进行特征分析与统计，同时结合时间域与空间域进行时空关联度分析。

[0045] ⑦关联相似度分析：用于计算语义轨迹的时空关联相似度，对于不同空间区域之间、不同移动对象之间的关联度进行分析计算。

[0046] ⑧流数据处理引擎：提供了面向轨迹流数据的实时知识发现与应用服务支持功能，并与便捷式移动定位设备进行数据更新、传输、交互。

[0047] ⑨监控管理：专门负责对轨迹数据接收、解析、语义转化及处理、时空关联分析、相似度计算等操作进行监控。

[0048] ⑩输出：负责根据相似度计算统计规律建立概率模型，对于所发现的轨迹模式进行语义集成化处理以产生更为简洁易读的、更为抽象复杂的语义集成化输出结果，同时基于概率模型对于移动对象个体与群体的未来轨迹移动及行为进行分析与预测。

[0049] 时空轨迹数据数据处理流程如图 2 所示：在发送到轨迹分析系统接收端之后，分析系统将对通过历史数据库对其进行时空移动行为及轨迹数据的识别操作，之后语义知识库将对轨迹数据进行语义知识信息的关联识别过程，其后将分别在位置对之间和移动对象之间产生相似度量矩阵。对于位置对之间的相似度量矩阵，时空关联分析首先将轨迹移动所覆盖的轨迹空间以网络互连的方式进行位置网络计算，之后利用空间语义信息对空间位置进行语义聚类。在聚类过程中，具有相似语义的空间位置将被归为一类，异常的语义位置点将被发送至语义关联分析部分探测异常轨迹行为。通过语义坐标转化过程，将语义位置轨迹抽取为语义空间概率模型，已建立统计意义上的区域与时间关联量化关系。移动对象之间的相似矩阵计算首先计算移动对象网络拓扑关系，进而采取移动对象语义转化过程得出移动对象的语义聚类关系。通过位置对之间的相似度量可以发现具有相同轨迹访问特征的区域，进而结合语义知识，可以对轨迹数据进行分析、解释与预测。通过移动对象之间的相似度量可以对具有相似移动行为的个体及群体进行聚类分析，建立群体意义上的移动动力学模式知识，为移动应用服务提供更有针对性，更有选择性的服务支持。

[0050] 本发明中时空关联分析 (STAC) 所属的轨迹流数据处理引擎模块的原理结构图如图 3 所示：移动定位位置采集装置所收集的个体流数据发送至轨迹分析系统的同时在初步预处理之后传递给流数据处理引擎，流数据处理引擎利用其内部的语义知识管理插件对流

数据进行语义转化处理。转化后的语义流数据一方面与历史轨迹数据相比较,分别进行个体轨迹关联分析及群体轨迹关联分析;另一方面语义流数据通过事件监测器,利用之前设定的已知事件条件进行条件匹配,一旦满足某个所设定的事件构成条件,即认为是某一个确定事件的发生,从而产生异常报警等操作,以实现实时监测移动对象行为的目的。同时所监测得到的异常事件将保存在历史数据库中以进行历史事件更新。

[0051] 本发明所设计的轨迹移动流数据时空关联分析与集成结构如图 4 所示:移动便携式终端及各种应用平台通过云网络与轨迹行为模式分析服务器相连,一方面将自身所采集的轨迹移动数据通过无线网络传输至云网络平台,另一方面后台服务器为其提供实时性的相关移动应用计算服务支持。时空轨迹流数据通过传输平台实时传递给时空轨迹分析系统,系统在对其进行初步的预处理及备份保存操作之后,由时空轨迹关联分析器的空间语义数据库、位置数据库已经行为模式数据库对实时流数据进行时空关联分析,通过比较语义轨迹数据在时间维度和空间维度上的特征聚类关系之后,综合时空关联关系对其进行行为分析研究,集成引擎及时空关联引擎对所抽取到的移动语义行为进行更高层次的语义集成及关联操作,最终的轨迹知识保存在知识规则库中以对规则库进行更新,同时输出可用的集成服务于知识表示。

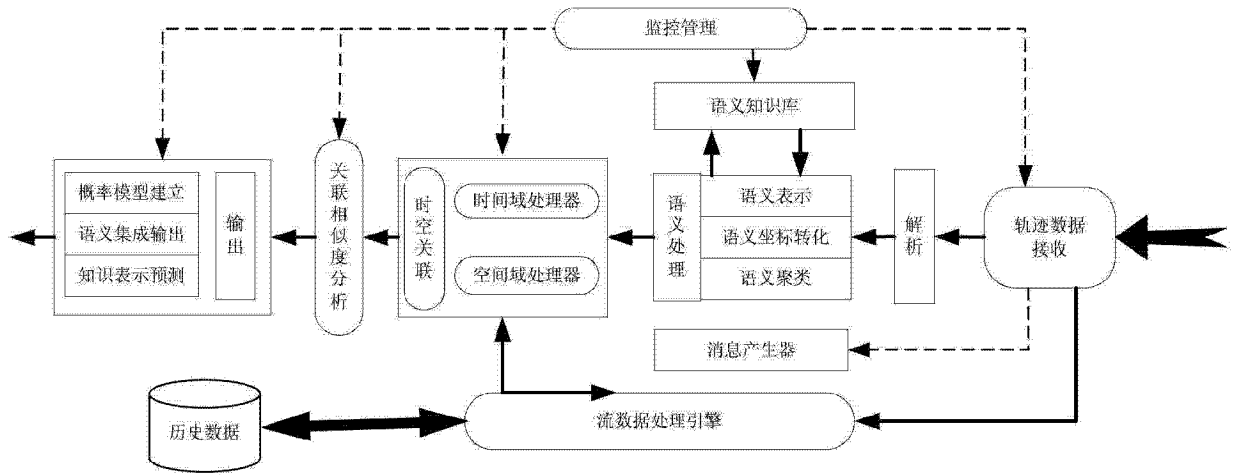


图 1

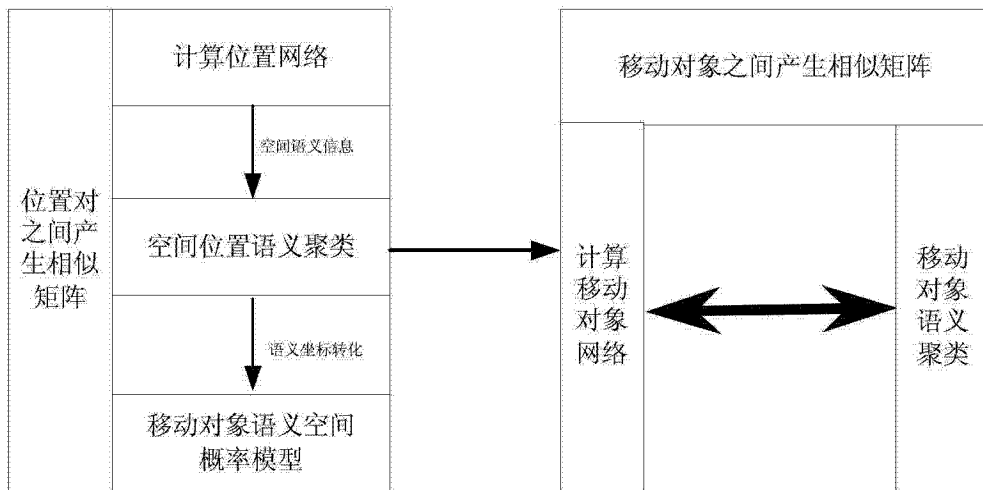


图 2

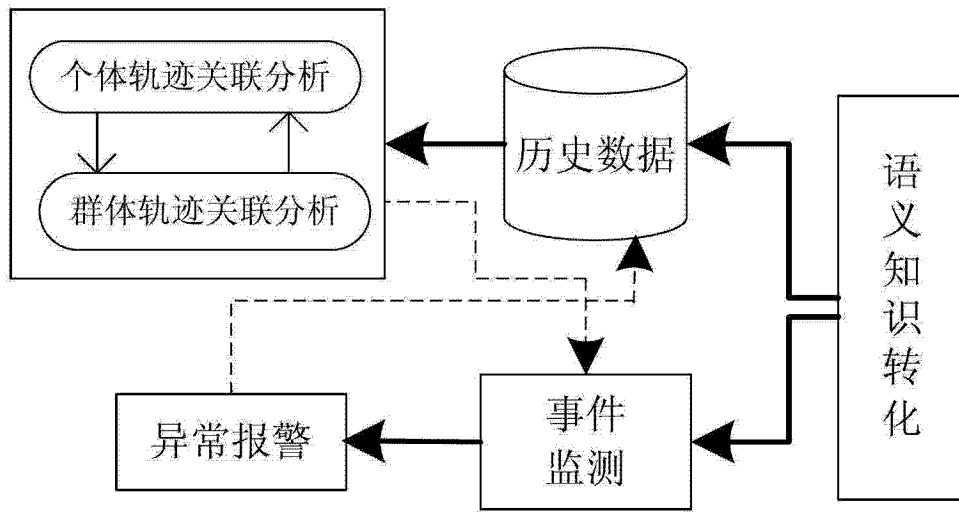


图 3

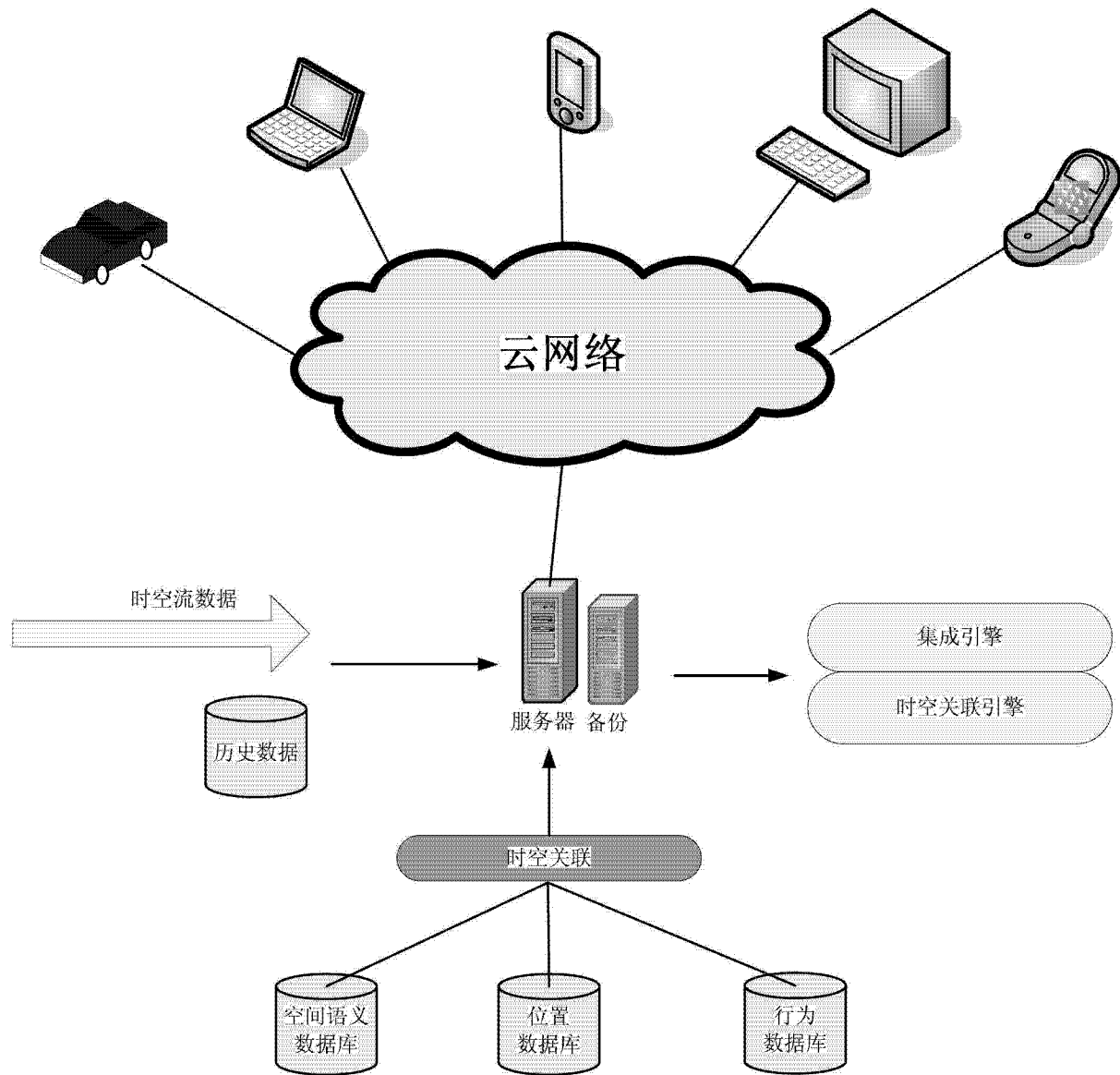


图 4