

基于 X3D 和 GPS 的立交区域车辆监控框架

胡继华¹, 刘 皓¹, 莫善军²

(1. 中山大学工学院智能交通研究中心, 广州 510275; 2. 中山大学工学院安全工程研究中心, 广州 510275)

摘要: 针对立交区域的监控系统难以准确实时地对车辆进行监控的问题, 该文以 X3D 和 XML 为基础, 提出在真三维环境中进行车辆监控的技术框架。框架集成三维建模技术、X3D 技术、差分 GPS 技术、数据库技术和车辆运动模型, 对行驶在立交区域的车辆进行实时监控, 准确定位当前车辆的具体路段。实验证明框架是可行的, 可用于车辆监控及交通仿真和车辆行为的分析模拟。

关键词: X3D 技术; 车辆监控; 框架

Vehicle Monitor Framework in Tri-dimensional Traffic Area Based on X3D and GPS

HU Ji-hua¹, LIU Hao¹, MO Shan-jun²

(1. ITS Center, School of Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275;

2. Center of Safety Engineering, School of Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275)

【Abstract】 Vehicle monitor is difficult to monitor vehicle running in continuous Tri-dimensional Traffic Area(TTA). This paper proposes a vehicle monitor framework, which integrates X3D, XML with GPS, and it realizes vehicle movement model, to locate exactly where the cars run in, and to watch cars run in TTA. The framework is proved to be feasible by test done in Guangzhou, which can also be applied in traffic simulation and vehicle behavior analysis.

【Key words】 X3D; vehicle monitor; framework

1 概述

大城市中路少车多, 立交桥、高架桥等成为解决城市交通问题的手段, 从而形成连续的立交区域。立交区域的车辆监控要满足以下要求: 直观, 全程覆盖, 视角切换方便, 车辆辨识容易。当前车辆监控主要分为视频监控及普通的电子地图和GPS相结合的车辆监控。视频监控是在立交区域的出入口和重要地段安装监视器、埋设传感器, 对进入立交网络的车流进行测量, 与普通平面交叉口的监控没有太大区别。以美国洛杉矶为例, 该市在全境 400 个交叉口安置了传感器, 并用闭路电视(CCTV)辅助的方法监控, 取得了一定的效果^[1]。但是这种方法对立交区域的监控存在不足: (1)传感器和CCTV不可能覆盖到立交区域的全部, 存在监控死角, 不利于交通的组织; (2)监控画面是CCTV图像, 视角变换空间有限, 不能对立交桥区域交通运行的整体进行把握; (3)对车辆的识别和监控需要人工辅助进行, 需要耗费大量人力物力。立交桥交通监控系统另一种典型做法是采用全球卫星定位系统(GPS)作为取得车辆位置信息的手段, 并利用二维地理信息系统(GIS)来显示监控数字地图和车辆信息^[2-3]。然而这样的监控方式同样存在不足: 类似立交桥这样的道路系统是三维道路系统, 二维数字地图难以对其进行准确的描述。二维数字地图环境下, 当监控者关注立交桥上的车辆时, 很有可能分辨不清被监控车辆到底是在上层桥面还是下层桥面行驶, 这就会给交通信息的获取和交通组织的进行带来不便; 另外, 这种方式也没有视频监控直观。所以, 上述 2 种监控方式均不能满足立交区域监控的需求。

X3D(Extensible 3D)作为发布三维信息的开放标准, 在地理、虚拟现实等领域得到大量的研究和利用^[4-10], 但是在交

通领域应用不多。

2 技术路线和框架结构

2.1 技术路线

以 X3D 的三维模型和动画功能为基础, 实现对车辆的实时、直观、准确的监控。技术路线包括立交区域的路网模型数据的采集和建模、车辆位置状态数据的接收和保存、立交桥上车辆运动模型的建立和实现、使用 Xj3D 进行二次开发等阶段, 见图 1。

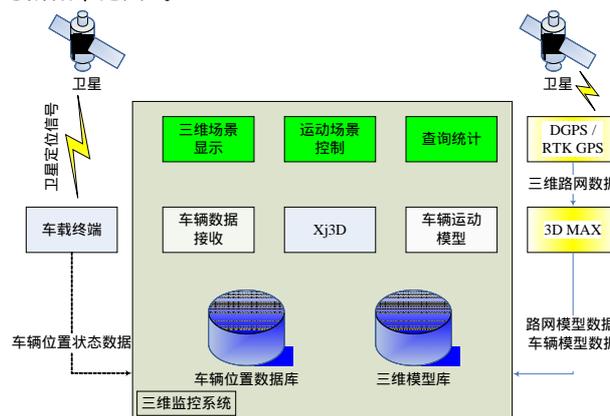


图 1 系统数据流动和结构

基金项目: 广东省安全生产专项基金资助项目(2006770B-3, 2007-20-A-20)

作者简介: 胡继华(1971-), 男, 讲师、博士, 主研方向: 交通地理信息系统, 交通监控与安全; 刘 皓, 硕士研究生; 莫善军, 讲师、博士

收稿日期: 2007-07-10 E-mail: Hujihua@mail.sysu.edu.cn

系统数据流动方式如下：

(1)立交区域路网数据采集。根据要采集的立交区域，设计数据采集车辆的行驶路线，力争车辆经过每一个路段，然后将高精度的 GPS 数据采集设备，如差分 GPS、RTK GPS，装到车上，启动数据采集设备，让车辆沿着设计的路线行驶，这样就能采集到高精度的立交路网原始数据。

(2)立交路网三维模型建模。将采集到的原始数据导入 3DMAX 中，按照车辆行驶的规则，结合道路的宽度等信息，生成道路的三维路面，然后添加道路的路肩、车道线等信息，建立完整的立交道路模型。

(3)建立车辆三维模型。模拟现实车辆，在 3DMAX 中建立车辆的三维模型。

(4)三维模型转换。将三维模型转换成 X3D 格式。

(5)使用 Xj3D 进行二次开发，对 SAI 接口进行二次编程，显示三维路网模型，并将车辆的空间位置信息注入到车辆三维模型中，实现车辆在立交路网上的运动模型，显示车辆三维模型在道路上的实时运动。

2.2 系统体系结构

整个车辆三维监控体系分为 3 个分系统：三维路网数据采集和建模分系统，车辆位置状态数据采集分系统，三维监控系统；后者是核心系统，前两者都是已有的成熟产品，不再论述。

三维监控系统从软件层面上分为 3 层：数据层，业务层和表现层。数据层包括车辆位置数据库、三维模型库以及其他的辅助数据库。车辆位置数据库保存车辆实时的和历史的位置状态数据，提供对车辆位置状态数据的访问；三维模型库以 XML 方式保存立交区域的三维路网模型数据和车辆的三维模型数据。

业务层包括车辆数据接收模块、Xj3D 组件和车辆运动模型，车辆数据接收车辆实时的位置状态数据，并保存到数据库里。Xj3D 是 X3D 的一种 Java 实现，以组件方式提供二次开发的基础，重点是开放 SAI(Scene Access Interface)接口，供三维模型的显示和视场控制。车辆运动模型调用 SAI，将车辆的实时数据注入到三维车辆模型中，根据车辆的离散轨迹点数据，反演出车辆实际运行的轨迹，交给显示层显示。

表现层包括三维场景显示、运动场景控制和查询统计等模块。三维场景显示通过调用 SAI 实现车辆和三维路网模型的多视角显示。运动场景控制则调用车辆运动模型和三维场景显示，实现车辆运动场景的实时动态显示或历史回放。查询统计模块直接对数据库进行操作，对车辆的实时、历史位置进行查询或对立交路段的流量、速度等数据进行统计。

3 车辆运动模型

车辆运动模型需要解决车辆连续运行问题，车辆的定位数据是离散的，需要对这些数据进行内插，否则车辆会表现为一种“跳跃”式的行进，不符合现实。

插值包括时间、位置和方向 3 种数据。根据人体工程学原理，人眼对时间的最快反应是 0.1 s，所以，时间的插值间隔取 0.1 s，插值的方式为线性插值。位置插值在时间插值的基础上进行，采用时空立方体的方式进行。如图 2 所示，XYZ 三轴代表空间立方体，点与点的连线代表时间轴(T)，假设车辆在 0.2 s 时的位置是(2,5,4)，0.4 s 时的位置是(6,8,7)，将 2 点连线，线的中点时间是 0.3 s，对应的位置分别是中点在 XYZ 三轴上的投影，即(4, 6.5, 5.5)。方向插值也是在时间插值和位置插值的基础上使用线性插值实现的。时间和位置插

值完成后，首先读取连续 3 个点的坐标，然后根据坐标求出前 2 个点连线和后 2 个点连线之间的夹角，中间这个点对应的行驶方向角就是该夹角的值与前一个点行驶方向角之和。用这种方法能设定数据库除第 1 个和最后一个坐标点之外所有点对应的行驶方向角。第 1 点的行驶方向角等于第 1 和第 2 点连线的方向角，最后一点的方向角与倒数第 2 点相同。

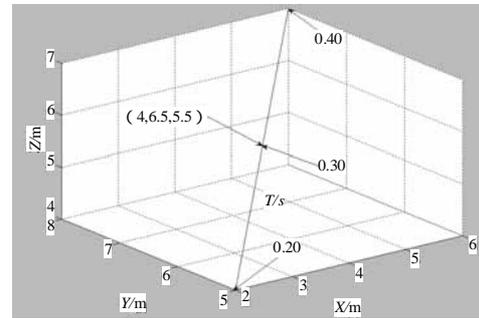


图 2 线性插值图示

具体实现时，通过 SAI 接口 3 个对象(*TimeSensor*, *PositionInterpolator* 和 *OrientationInterpolator*)实现，时间被转换成百分数，即 *TimeSensor* 节点中 *cycleInerval* 域值等于该车辆的总行驶时间，这样 *TimeSensor* 节点就会在总行驶时间范围内每隔一段时间输出 0~1 之间的值，代表从模拟开始到当前经过时间占总时间的百分比。*TimeSensor* 输出的值会通过 SAI 添加的路径传递到 *PositionInterpolator* 节点。*PositionInterpolator* 节点的 *key* 域事先也会根据数据库中的数据设置，即令 *key* 域值等于经过时间占总时间的百分比，*key* 域的第 *i* 个域值求取公式如下：

$$Key[i] = \frac{(T[i]-T[1])}{TT} \quad (1)$$

其中， $T[i]$ 为车辆行驶到第 i 个坐标点对应的时间； $T[1]$ 为车辆开始行驶的时间； TT 为车辆行驶的总时间。

4 实验过程和结果

(1)立交桥原始数据的采集

实验使用差分 GPS 设备对广州市海珠区昌岗东立交桥的数据进行了采集，设备的天线装在车辆的固定位置上，按照预先规划的路线，数据采集员开车沿路线行驶，全部路线遍历后，完成了昌岗东立交的原始数据采集。

(2)三维模型的建立

三维模型包括立交桥模型和车辆模型，立交桥模型是在第(1)步的基础上，用 AutoCAD 和 3DMAX 建立的，车辆三维模型是在 3DMAX 中创建的。然后，将模型转换成 X3D 格式，加入触摸传感器 *TouchSensor*，在车辆模型中添加控制车辆运动的节点，包括 *TimeSensor* 节点、*PositionInterpolator* 节点和 *OrientationInterpolator* 节点。这样，所有模型建立完毕。这些节点添加入车辆模型后并不能相互作用，程序需要通过 SAI 才能使它们控制车辆的运动。

(3)Xj3D 浏览器的定制和实现

Xj3D 是在 eclipse 环境中，用 Java 编程定制的，然后将车辆实时数据库和 Xj3D 浏览器集成起来，调入立交桥车辆模型，使用车辆运动模型对车辆位置状态数据进行处理，处理结果注入车辆模型中，不断改变车辆位置状态，再现车辆的实时运动，达到对车辆监控的目的。当车辆从当前场景中出去后，手动或自动调整场景视角，使监控人员可以继续监控车辆，见图 3。

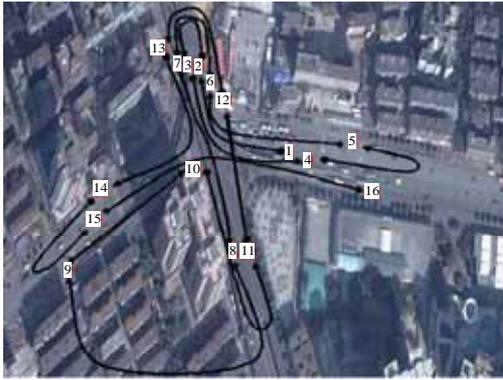


图3 实验车在昌岗东立交行车示意图

经过上述工作可以实现在真三维环境中连续监控车辆，顺利完成项目目标。但是其中存在2个问题：(1)出现车辆离开道路“悬浮”运行的状况，这是由于原始的定位数据存在误差，需要对这些数据进行匹配处理；(2)车辆驶离立交区域后就无法监控车辆，需要集成二维电子地图才能实现对车辆无缝监控。

5 结束语

本文以 X3D 和 XML 为基础，提出在真三维环境中进行车辆监控的技术路线和实现框架：

(1)提出了技术路线和实现框架，将高精度 GPS、三维建模软件、X3D 技术和数据库技术集成起来，迅速完成立交区域三维数据采集、建模和显示，实现对立交区域中车辆的准确监控。

(2)用插值方法实现了车辆运动模型，使车辆在三维场景中的显示符合车辆运动特征和人体工程学原理。

(上接第 252 页)

3 试验结果

对于如图 4 左图所示的双层的膝关节 3D 网格模型，按照本文的骨架构建方法，构建了 3D 网格的骨架，如图 4 中图所示。按照建立的网格变形方法的步骤(1)、步骤(2)，把网格划分为 3 个区域，见图 4 右图。按照上述网格变形方法的步骤(3)，对所有点进行位置变换，见图 5。

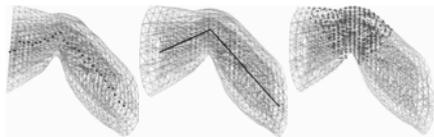


图4 双层的膝关节 3D 网格模型的预处理过程示意图

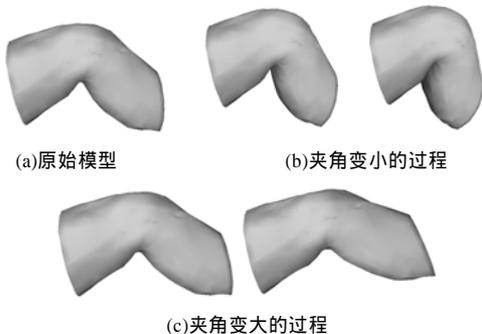


图5 膝关节双层 3D 模型的变形

试验结果如下：对于含有 1 966 个节点的膝关节网格模型，在 CPU 为 Intel 1.6 GHz，内存为 512 MB 的计算机上达

参考文献

- [1] Rowe E. The Los Angeles Automated Traffic Surveillance and Control(ATSAC) System[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1991, 40(1): 16-20.
- [2] Wang Youning, Thompson R G, Bishop I. A GIS Based Information Integration Framework for Dynamic Vehicle Routing and Scheduling[C]//Proceedings of the IEEE International Conf. on Vehicle Electronics. Changchun, China: IEEE Press, 1999: 474-479.
- [3] Holtzman J, Hui J, Moayeri N, et al. A Vehicular Traffic GIS and Simulator for Route Guidance on NY/NJ in Highways[C]//Proc. of Vehicle Navigation and Information Systems Conference. Ottawa, Canada: IEEE Press, 1993: 367-372.
- [4] Ieronutti L, Chittaro L. Employing Virtual Humans for Education and Training in X3D/VRML Worlds[J]. Computers & Education, 2007, 49(1): 93-109.
- [5] Hetherington R, Farrimond B, Presland S. Information Rich Temporal Virtual Models Using X3D[J]. Computers & Graphics, 2006, 30(2): 287-298.
- [6] 丘威, 张立臣. 基于 X3D 的在线虚拟室内漫游系统的研究与应用[J]. 计算机应用, 2005, 25(8): 1930-1932.
- [7] 唐山, 黄正军, 杨建. 基于 X3D 的分布式虚拟现实场景三维建模[J]. 计算机工程与科学, 2005, 27(2): 36-38.
- [8] 李海庆, 殷国富, 彭必友. 基于 X3D 的交互式变电站信息可视化管理系统[J]. 计算机工程, 2005, 33(2): 265-267.
- [9] 李海庆, 殷国富, 胡瑞飞. 基于 X3D 的虚拟场景交互架构的实现方法研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(增刊 2): 383-385.
- [10] 孟永东, 田斌. 基于 Java 和 MySQL 的虚拟现实动态场景构建方法[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(9): 2287-2300.

到约 40 fps，满足了实时性和真实感的要求。

4 结束语

本文提出了一种可以用于关节的 3D 网格模型的大范围形变方法。在这个方法的基础上编程进行了试验，并以此验证了方法的正确性和有效性。

参考文献

- [1] Nadia M T, Laperrire R, Thalmann D. Joint-dependent Local Deformations for Hand Animation and Object Grasping[C]//Proc. of Graphics Interface. Toronto, Canada: Canadian Information Processing Society, 1989: 26-33.
- [2] Thalmann D, Shen Jianhua, Chauvineau E. Fast Realistic Human Body Deformations for Animation and VR Applications[C]//Proc. of Computer Graphics International. Pohang, Korea: [s. n.], 1996: 166-174.
- [3] Sorkine O. State-of-the-art Report: Laplacian Mesh Processing[C]//Proc. of Eurographics'05. Oxford, UK: [s. n.], 2006.
- [4] Lipman Y, Sorkine O, Cohenor D, et al. Differential Coordinates for Interactive Mesh Editing[C]//Proc. of Shape Modeling International. [S. l.]: IEEE Computer Society Press, 2004: 181-190.
- [5] Zhou Kun, Huang Jin, Snyder R J, et al. Large Mesh Deformation Using the Volumetric Graph Laplacian[C]//Proc. of ACM SIGGRAPH'05. [S. l.]: ACM Press, 2005: 496-503.
- [6] Yoshizawa S, Belyaev A G, Seidel H P. Free-form Skeleton-driven Mesh Deformations[C]//Proc. of the 8th ACM Symposium on Solid Modeling and Applications. New York, USA: [s. n.], 2003: 247-253.

