

交通控制算法在 PARAMICS 平台上的 MATLAB 语言实现

刘裕良, 吕宜生, 段艳杰

中国科学院自动化研究所, 复杂系统管理与控制国家重点实验室

摘要: 介绍了微观交通仿真平台 PARAMICS, 阐述了其插件编程技术以及 API 的使用。在此基础上, 通过文件共享的方法, 建立了 PARAMICS 平台与 MATLAB 之间数据交互机制, 详细描述了该机制的逻辑结构以及算法流程。利用该数据交互方法, 给出了应用实例, 详细描述了该实例的实现方法, 并对有 4 个入口通道, 每个通道有 2 个车道, 每个入口车道均放置有车辆检测器的路口进行了交通控制算法的仿真实验, 仿真时间为 400 分钟。实例表明, 利用文件共享进行 PARAMICS 平台与 MATLAB 之间数据交互, 有效地缩短了算法的开发周期, 降低算法实现的难度, 为交通控制算法的仿真提供有力保障。

关键词: 交通控制算法; PARAMICS; MATLAB; 数据交互

Implementation of Traffic Control Algorithm on PARAMICS Platform Using MATLAB Language

Yu-Liang Liu, Yisheng Lv, Yanjie Duan

The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation,
Chinese Academy of Sciences

ABSTRACT: This paper introduces the microscopic traffic simulation platform PARAMICS, and describes its plug-in programming technique and the use of API. Through file-sharing method, the mechanism of data exchange between PARAMICS platform and MATLAB is established. The logical structure and algorithm of the system are described in detail. Using this method, the implementation method of an instance is described in detail. The simulation of traffic control algorithm is on an intersection with four entrance approaches, each of which has two lanes and each lane has a detector on it. The simulation time is 400 minutes. The results show that the data exchange between PARAMICS platform and MATLAB effectively reduces the development cycle of the algorithm and the difficulty of the algorithm realization.

Key Words: Traffic Control Algorithm, PARAMICS; MATLAB; Data Exchange

收稿日期: 2015 年 10 月 15 日。

基金项目: 本文得到国家自然科学基金项目 71232006, 61233001, 61203166, 61203079 等的资助。

1 引言

随着我国卓有成效的经济建设,城市化进程的不断推进,机动车保有量持续增加,交通拥堵已经成为日益严重的问题,人们日益增长的交通需求与有限的交通资源之间的矛盾成为人们交通生活中的主要矛盾。如何规范交通行为,提高交通运行效率,合理分配和充分利用交通资源,指挥调度城市交通,使道路交通安全、有序、高效,是亟待解决而且必须解决的问题。

智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, 简称 ITS)在较为完善的道路基础设施之上,将先进的信息技术、通信技术、控制技术、传感器技术以及系统综合技术有效地集成并且应用于地面交通系统,能够在较大范围内发挥作用,以期得到实时、准确、高效的地面交通,是解决城市交通问题的有效手段^[1]。

由于交通系统具有多学科、跨领域、规模巨大等复杂性,其实验成本极高甚至无法进行实验^[1]。因此,在 ITS 实施之前,其效果无法通过现场实验获得,而微观交通仿真(Microscopic Traffic Simulation)是克服该障碍的得力工具之一^[3]。

PARAMICS 是一款领先的微观交通仿真软件,具有动态三维可视化用户界面,支持 100 万个交叉口,32000 个小区的仿真,旨在设计经济、高效、对驾驶员和行人友好的交通系统。PARAMICS 软件本身提供了 API 函数供使用者进行二次开发,使用者可通过 C/C++ 语言调用 API 函数来开发插件程序,然后将插件程序编译为动态链接库。将成功编译的动态链接库的路径写入 programming 文件后,在核心仿真模块运行时,PARAMICS 会自动加载该动态链接库。然而,在应用 PARAMICS 进行交通仿真时,常会用到智能控制算法,采用 C/C++ 语言来实现这些算法,工作量较大,开发周期较长,而且算法的效率和精度很大程度上依赖于开发者对算法结构的深刻理解。

MATLAB 作为一款成熟的数学软件,提供了较为全面的智能控制算法工具箱,开

发者能够迅速实现相关算法。MATLAB 和 PARAMICS 本身并不能直接进行数据交互,而 WINDOWS 的进程间通讯及消息传递技术或 MATLAB 和 C/C++ 混合编程技术实现较为复杂,且与交通仿真并无太大联系。因此,寻找一种易于实现的 MATLAB 和 PARAMICS 数据交互方法成为利用便捷的 MATLAB 语言编写交通控制算法并迅速得到仿真结果的关键。

2 PARAMICS 交通仿真平台介绍

PARAMICS 是由英国 Quadstone 公司开发的微观交通仿真平台,能够实施动态进行二维或三维显示,支持多用户并行计算,具有灵活的 API 接口。PARAMICS 为用户提供了基于插件(Plugin)以及应用编程接口(API)的解决方案,从而使用户能够更加灵活和高效地进行交通仿真。通过 API,用户能够修改或设定仿真模型、实施控制算法、获取相关数据等等^[4]。

微观交通仿真平台 PARAMICS 主要由五个模块组成,如图 1 所示,分别为: Modeller、Processor、Analyser、Programmer 和 Monitor。其中 Modeller 为整个仿真系统的核心模块,提供建立路网、二维或三维交通仿真、统计数据输出等三大功能^[5]。Processor 提供图形化的用户操作界面,允许用户以批处理的方式进行仿真计算,并得到统计数据输出。Analyser 采用灵活易用的图形化用户界面可视化输出仿真过程的统计结果,如路段交通量、路段速度以及延误、服务水平、最大排队长度等。Programmer 提供了丰富的基于 C 语言的应用程序接口(API),使得仿真平台具有扩充性和良好的可移植性。Monitor 可利用 Programmer 提供的 API,跟踪交通仿真路网中的车辆尾气排放量,并提供可视化显示^[5]。

PARAMICS 平台可以利用 API 在独立于软件环境的条件下编写功能强大的插件程序,只需要在仿真运行时加载即可。API 函数可分为 4 大类,分别使用 4 种前缀作

为标识^[4]。QPG_：有该前缀的函数称为读取函数，用户可以此类函数实时获取 PARAMICS 仿真过程中的各项参数，例如流量、速度、延误、排队长度等等。QPS_：有该前缀的函数称为设置函数，用户可以利用该类函数在仿真过程中设置相关的数值、状态、动作等参数，如通行权限等。QPO_：有该前缀的函数称为重载函数，用户可以利用该类函数修改 PARAMICS 中的默认模型，如控制车辆行为等。QPX_：有该前缀的函数称为扩展函数，用户可以利用该类函数控制仿真的过程、用户界面的显示等，在插件编程中，通常使用该类函数建立算法的整体架构。

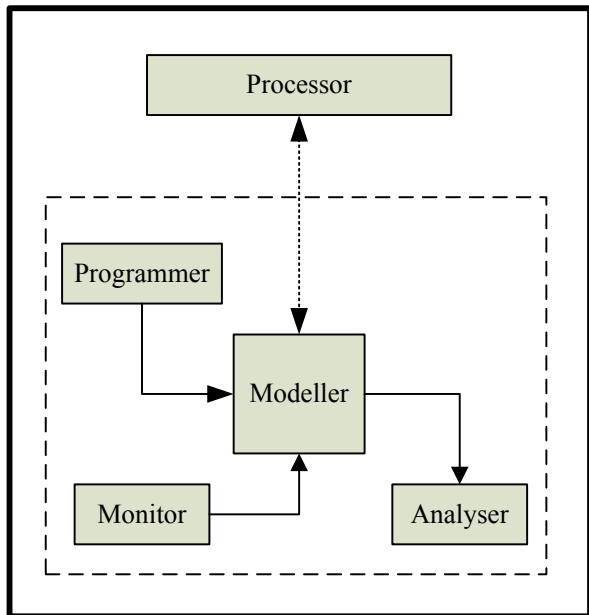


图 1 PARAMICS 软件结构示意图

3 基于文件共享的 PARAMICS 平台和 MATLAB 数据交互方法

为实现 PARAMICS 平台和 MATLAB 数据交互，本文首先定义了共享文件的形式，再通过 Visual Studio 编写 PARAMICS 插件程序并生成动态链接库，并且编写相

应 MATLAB 程序，加入控制算法，然后依次运行 MATLAB 程序和 PARAMICS 的核心仿真模块 Modeller。图 2 描述了数据交互的逻辑结构，PARAMICS 平台、插件程序、共享文件、MATLAB 程序共同组成了一个完整的系统。通过对共享文件的读写操作，即可快速在 PARAMICS 平台上运行利用 MATLAB 语言编写的交通控制算法。

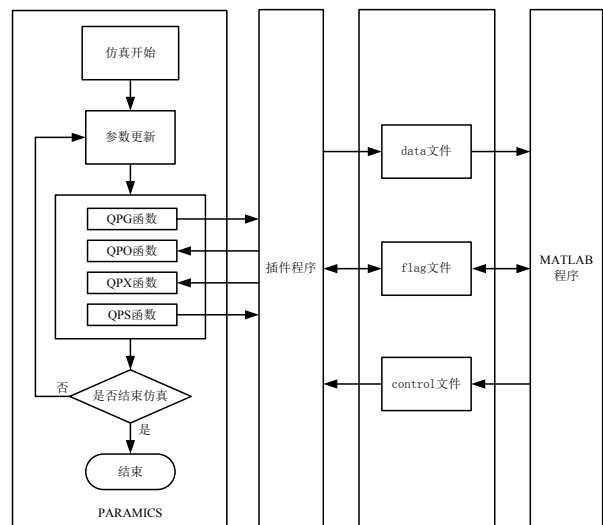


图 2 数据交互结构图

数据交互通过以下步骤具体实现：

(1) 定义共享文件形式：

为了快速实现 MATLAB 和 PARAMICS 的数据交互，定义三种类型的共享文件，分别为 data 文件、flag 文件以及 control 文件。其中，data 文件用来存储从 PARAMICS 软件中采集到的交通数据，插件程序拥有写入权限，MATLAB 程序拥有读出权限；flag 文件为程序交替运行驱动标志，插件程序和 MATLAB 程序都可以对其进行读写操作；control 用来存储 MATLAB 程序的算法结果，插件程序对其拥有读出权限，MATLAB 软件对其拥有写入权限。

(2) 获取路网相关参数：

PARAMICS 软件的 API 函数一共有四大类，分别为读取函数 (QPG_)、重载函数 (QPO_)、扩展函数 (QPX_)、设置函数 (QPS_)。采集所关注的 PARAMICS 仿

真数据，主要用到的是读取函数，而应用读取函数时，通常需要获取相应的参数，如 node、link 的编号或指针等。因此在进行插件编程之前，需要获取相关的参数。

(3) 插件程序设计：

PARAMICS 插件程序流程如图 3 所示，具体步骤如下：

a) 程序初始化

插件程序的初始化主要在 void qpx_NET_preOpen(void) 函数中完成，在初始化过程中，重点是通过 void qps_NDE_externalController(NODE* node, Bool on) 函数设置需要用外部控制的节点。

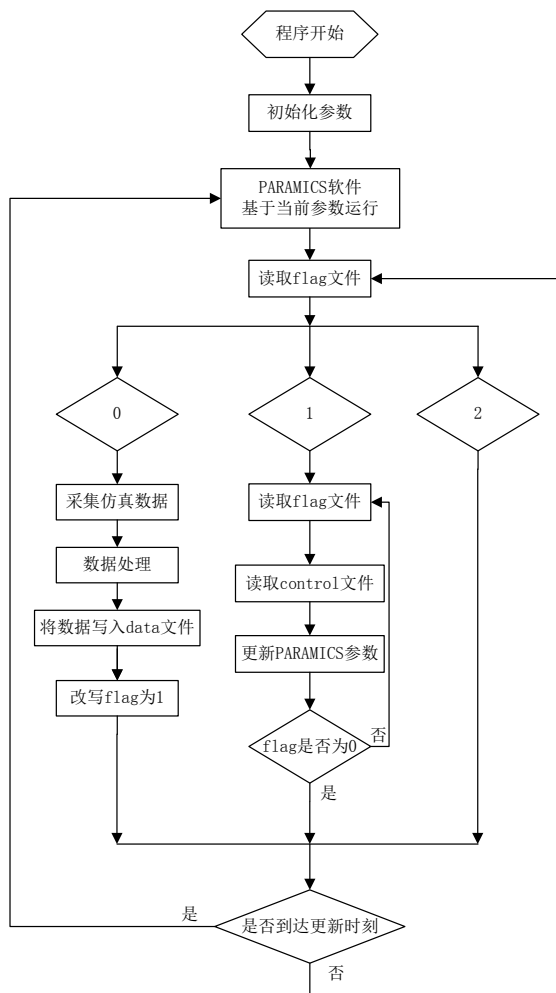


图 3 PARAMICS 插件程序流程图

b) 设置共享文件更新时刻

为了便于使用者进行二次开发，

PARAMICS 软件提供了一系列的 API 函数：

void qpx_NET_timeStep(void)，在仿真时间的每个仿真步长开始时调用；

void qpx_NET_second(void)，在仿真时间的每秒结束时调用；

void qpx_NET_minute(void)，在仿真时间每分钟结束时调用；

void qpx_NET_hour(void)，在仿真时间每小时结束时调用。

选择一个最符合实际需求 API 函数，插件程序的主体部分将在该 API 中编写。

c) 读取 flag 文件

i. 驱动标志为 0，用读取函数(QPG_)采集相关的数据，进行初步的处理之后，将数据写入 data 文件，然后将驱动标志置为 1；

ii. 驱动标志为 1，先读取 flag 文件，然后读取 control 文件，并将 control 文件中的数据作为 PARAMICS 下一步运行的依据，执行以上操作，直到驱动标志为 1；

iii. 驱动标志为 2，无操作。

(4) 编译生成动态链接库：

将插件程序编译生成动态链接库 (DLL)，并在 PARAMICS 路网文件夹下新建 programming 文件 (后缀为 “.Modeller” 或无后缀)，将动态链接库的地址和文件名复制到该文件中，并保存。

(5) MATLAB 程序设计：

PARAMICS 插件程序流程如图 4 所示，具体步骤如下：

a) 初始化参数

初始化 MATLAB 程序时，关键参数为程序循环最大次数，该次数应与 PARAMICS 仿真时间相对应。

b) 改写 flag 文件驱动标志为 0。

c) 读取 flag 驱动标志，直到标志为 1。

d) 读取 data 文件。

e) 运行控制算法，根据 data 文件中的数据，计算出结果。

f) 将控制算法的运行结果写入 control 文件。

g) 若未达最大次数，则跳转至 b)，否则程序终止。

(6) 程序运行方法:

先用 PARAMICS 软件的核心仿真模块 Modeller 打开相应的路网, 再打开编写完成的 MATLAB 程序, 之后运行 MATLAB 程序, 然后运行 Modeller 开始仿真。

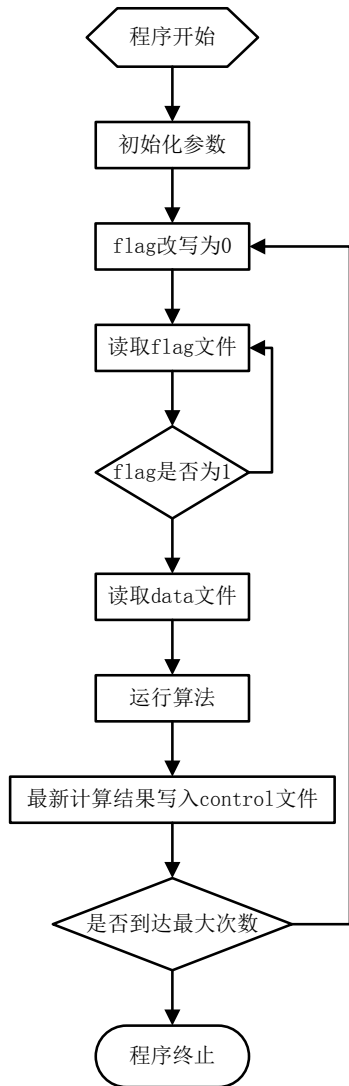


图 4 MATLAB 程序流程图

4 应用实例

按照上一部分所述的数据交互方法, 以单交叉口控制为例, 笔者绘制了相关的路网, 设计了相应的 PARAMICS 插件程序以及 MATLAB 交通控制算法程序。

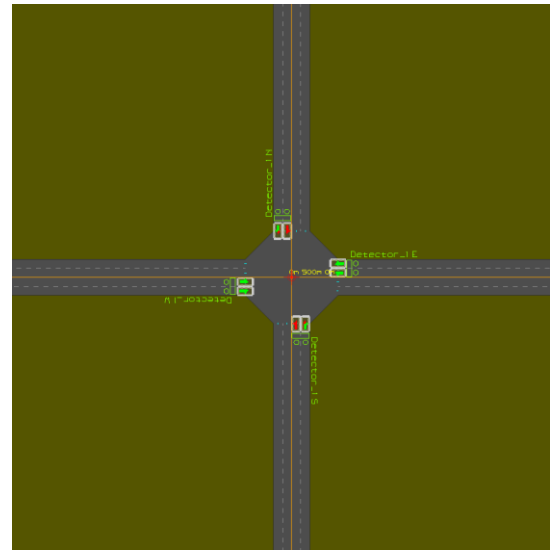


图 5 应用实例中的交叉口示意图

先利用 PARAMICS 平台的 Modeller 建立路网模型, 该实例中建立的路口模型如图 5 所示。路口有 4 个入口通道, 每个通道有 2 个车道, 每个入口车道均放置有车辆检测器, 仿真时间设置为 400 分钟。交通算法的实施过程如下:

- (1) 首先定义三种类型的共享文件, 其中, data 文件用来存储从 PARAMICS 软件中采集到的各车道交通流量。
- (2) 为了采集到 PARAMICS 相关的仿真数据, 并且能够通过插件对其进行控制, 需要获取该交叉口所有相关 link 的名称和位置和每个 link 上 detector 的名称, 以及该交叉口 node 的名称等参数。
- (3) 按照上一节中所述的流程, 设计插件程序。
- (4) 编译生成动态链接库, 将动态链接库的地址和文件名复制到 PARAMICS 路网文件夹下的 programming 中, 如 “D:\ParaPlugin\SingleControl.dll” 并保存。
- (5) 按照上一节所述的流程, 设计 MATLAB 程序。其中最大循环次数与仿真时间有关, 在本实例中最大循环次数为 $\frac{400 \times 60}{40} = 240$ 。
- (6) 运行程序。

5 结论

本文的基于文件共享的 MATLAB 和 PARAMICS 数据交互方法, 实现了不同版本下 MATLAB 和 PARAMICS 平台的数据交互, 为快速而有效地验证交通控制算法效果提供了一种有效途径。该数据交互方法能够通过相对简单的共享文件, 迅速建立起微观交通仿真软件 PARAMICS 和数学软件 MATLAB 之间的数据联系, 从而缩短开发周期, 降低算法实现的难度, 为交通控制算法的仿真提供有力保障。

参考文献

- [1] 陆化普, 李瑞敏. 城市智能交通系统的发展现状与趋势[J]. 工程研究: 跨学科视野中的工程, 2014, 6(1): 6-19.
- [2] 王飞跃, 汤淑明. 人工交通系统的基本思想与框架体系[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2004, 1(2): 52-59.
- [3] 庄焰, 胡明伟, 李德宏. 微观交通仿真软件 PARAMICS 在 ITS 模拟和评价中的应用[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(7): 1655-1659.
- [4] 何兆成, 余志. Paramics 与外部程序间数据通讯机制的研究与实现[J]. 交通与计算机, 2005, 23(1): 43-46.
- [5] 赵晓华, 陈阳舟, 石建军, 等. 交通控制算法在 Paramics 交通仿真软件中的实现[J]. 公路交通科技, 2006, 23(6): 136-139.
- [6] 李磊磊, 陈阳舟, 张利国, 等. 基于 Paramics 仿真验证的北京市快速环路入口匝道最优控制[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(3): 1-4.
- [7] 邹智军. 新一代交通仿真技术综述[J]. 系统仿真学报, 2010 (9): 2037-2042.
- [8] Cameron G D B, Duncan G I D. PARAMICS—Parallel microscopic simulation of road traffic[J]. The Journal of Supercomputing, 1996, 10(1): 25-53.
- [9] Chi R, Hou Z, Jin S, et al. A data-driven iterative feedback tuning approach of ALINEA for freeway traffic ramp metering with PARAMICS simulations[J]. Industrial Informatics, IEEE Transactions on, 2013, 9(4): 2310-2317.
- [10] Saleem T, Persaud B, Shalaby A, et al. Can Microsimulation Be Used to Estimate Intersection Safety? Case Studies Using VISSIM and Paramics[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2014 (2432): 142-148.
- [11] M. Papageorgiou, C. Diakaki, V. Dinopoulou, A. Kotsialos, and Y. Wang, "Review of road traffic control strategies," Proceedings of the IEEE, vol. 91, no. 12, 2003, pp. 2043–2067.
- [12] C.-L. Lan and G.-L. Chang, "A traffic signal optimization model for intersections experiencing heavy scooter-vehicle mixed traffic flows," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, vol. pp, no. 99, 2014, pp. 1–13.
- [13] Hale D K, Antoniou C, Brackstone M, et al. Optimization-based assisted calibration of traffic simulation models[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015, 55: 100-115.
- [14] Balakrishna R, Antoniou C, Ben-Akiva M, et al. Calibration of microscopic traffic simulation models: Methods and application[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2015.
- [15] F.-Y. Wang, "Parallel control and management for intelligent transportation systems: Concepts, architectures, and applications," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, vol. 11, no. 3, 2010, pp. 630–638.