

综合集成 TSIS、VC 和 Matlab 构建交通控制仿真平台

陈德望¹, 蔡伯根¹, 吴建平²

(1. 北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044; 2. 北京交通大学交通运输工程学院, 北京 100044)

摘要:采用成熟的微观交通流仿真软件及其接口实现和检验交通控制算法是目前交通控制研究的主要方向。该文首先介绍了交通流微观仿真软件 TSIS 的构成和各组成模块的作用, 然后详细介绍了 TSIS 和 VC 的接口技术以及 VC 和 Matlab 的接口技术, 最后综合集成 TSIS、VC 和 Matlab 构建了交通控制仿真平台。该仿真平台很好地利用了各种软件的优势, 能方便快捷地实现各种先进的智能交通控制算法, 为交通控制算法提供了一个很好的检验平台。

关键词:交通流仿真; 接口技术; 交通控制; 仿真平台

中图分类号:U491.1 **文献标识码:**A

Integrating TSIS, VC and Matlab into a Simulation Platform for Traffic Control

CHEN De-wang¹, CAI Bai-gen¹, WU Jian-ping²

(1. School of Electrical and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

ABSTRACT: Applying the mature microscopic traffic flow simulation software and its interfaces to implement and test the traffic control algorithm is the main tendency of current traffic control research. In this paper, the structure of TSIS and the function of each component are introduced firstly. The interface technology between TSIS and VC and the interface technology between VC and Matlab are detailed then. In the end, we integrate TSIS, VC and Matlab into a simulation platform for traffic control. This platform utilizes the advantages of three softwares, could realize a variety of intelligent control algorithms easily and provide a good test bed for different traffic control algorithms.

KEYWORDS: Traffic flow simulation; Interface technology; Traffic control; Simulation platform

1 引言

交叉口信号控制和人口匝道控制的研究的难点在于如何验证控制算法的效果。一般来说, 交通控制算法的效果可通过现场实验、数值计算或者仿真实验来验证。现场实验虽能提供最有效的依据, 但耗资耗时, 可行性差。数值计算的方法简单易行, 但对实际复杂的交通流做了大量的简化, 可信度不高。采用成熟的微观交通流仿真软件验证交通控制算法是目前国际上交通控制研究最常用的办法, 它具有前两个方法所具有的优点, 而避免了两者的不足。

本文研究如何采用微观交通流仿真软件 TSIS 及其外部程序接口和其他软件共同实现交通控制仿真平台, 以充分利

用各种软件的优势, 从而方便快捷地检验各种交通控制算法。

2 TSIS 简介

TSIS (*Traffic Software Integrated System*) 是美国联邦高速公路局 (FHWA) 自 20 世纪 70 年代以来一直重点支持下开发而成的微观交通流仿真软件。TSIS 经过 30 余年的开发、实践和改进, 在国际交通流仿真软件中占据一个重要位置。

TSIS 有很多版本, 2001 年推出的 TSIS5.0 是一个基于 Window 窗口的集成的开发环境, 它能使用户方便进行各种交通网络的设置、操作和分析。TSIS 5.0 主要由 Tshell、TRAFED、CORSIM 和 TRAFVU 等四个模块组成, 如图 1 所示。

TSIS 中使用的两种主要文件是 trf 文件和 tno 文件。trf 文件是 Corsim 执行仿真运算的输入文件, 它是由 210 条记录

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60175005) 和北京交通大学引进人才基金项目 (2003RC049)。

收稿日期: 2003-11-02

类型组成,每一条记录由 80 列组成,表示交通网络的不同属性。在 1995 年之前, CORSIM 没有图形用户接口,用户必须熟练掌握 210 条记录的含义,才可以完整表达交通网络的属性。在 1995 年以后, Corsim 升级为具有用户图形接口的 windows 集成开发环境 TSIS,增加了交通网络图形编辑工具 TRAFED,使得用户可用鼠标方便地编辑交通网络 tno 文件。该文件可通过 TSIS 中的工具 Translator 转化为 trf 文件,方便了用户的操作,提高了交通流仿真的效率^[1]。

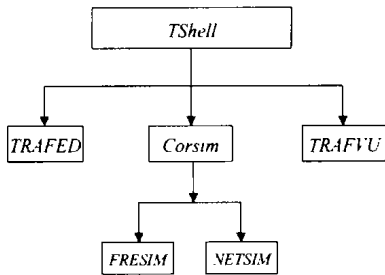


图 1 TSIS 组成模块

TSIS 中几个主要模块的作用如下:

- 1) Tshell 是 TSIS 环境的外壳程序和图形用户接口,它集成了 TSIS 的各个模块,使得用户可以方便有效地进行交通流仿真和分析。
- 2) TRAFED 是基于 GUI 的交通仿真输入编辑器,用户可以方便地构造交通网络,并设定网络参数和控制参数。
- 3) Corsim 是交通仿真模块,是 TSIS 的核心部件,执行交通仿真计算和输出仿真结果。它由仿真高速公路交通流的 FRESIM 模块和仿真普通道路交通流的 NETSIM 模块所组成的集成仿真模块,能仿真高速公路和普通道路组成的各种形状的城市交通网络。
- 4) TRAFVU 是交通仿真动画模拟和仿真结果显示模块,能以动画的方式再现交通仿真过程,可方便地获得各种交通仿真结果。

3 TSIS 与 VC 接口技术

为了验证复杂的交通控制算法的效果,必须要在交通流仿真软件中实现研究人员所研究的控制算法。为了提高 TSIS 软件对交通研究人员的二次开发的支持力度,使得研究人员能够方便地施加交通控制策略与算法。在 1998 年, FHWA 对 TSIS 作了一个重大的改进,允许用户使用 Visual C++ 或者 Visual Fortran 编写的程序在交通仿真运行的同时与 TSIS 进行交互作用,进一步地,这些程序可对 Corsim 模型内部的变量和操作产生影响。

这种接口技术给研究人员提供了一个非常重要的新方法,使得他们能方便地利用 Corsim 去研究先进的交通管理和智能交通技术。实际上,这也是当前交通流仿真软件的一个重要发展趋势,即从封闭走向开放,使得研究人员对交通流的干预更加有效和主动,使得基于仿真的研究和分析更加有效和实用。

这种 TSIS 与外部程序接口技术,使得很多自适应交通控制算法在现场实施之前得以在仿真软件中模拟实现,从而确保在实施中取得好的效果。比较成功的例子有美国 Farra-

dyne 公司开发的实时交通信号自适应控制系统 OPAC^[2] 和美国 Arizona 大学开发的交通信号控制系统 REHODES^[3] 等。同时,交通仿真软件日趋开放是目前交通流仿真软件发展的主要趋势。另外一种微观交通流仿真软件 Paramics 也支持这样的功能,在美国的 PATH 项目中广泛应用于评价入口匝道控制效果^{[4][5]}。

TSIS 支持与 VC 和 VF 之间的接口,本节讨论 TSIS 与 VC 的接口技术,接口原理如图 2 所示。其中,TSIS.exe 是可执行的 Windows 程序,它是运行 Corsim 的外壳程序。TSISIntf.dll 包括共享的内存、通信接口和 TSIS API,是 Corsim.dll 和 RTE(run-time extension).dll 交换数据和通信的中介。实现 Corsim 和 VC 接口的关键在于用户用 VC 编写 RTE.dll,同时要在 TSIS 中做一些必要设置。

RTE.dll 通过

TSISIntf.dll 读取 Corsim 运行时的所有的检测器数据和信号控制参数,并根据控制算法计算出当前的交通信号配时,然后通过 TSISIntf.dll 的数据共享区把生成的信号控制数据传送给 Corsim.dll,从而实现先进的实时交通控制算法。

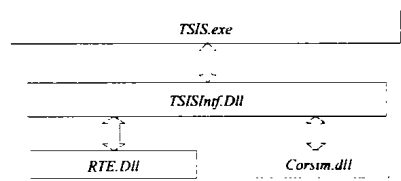


图 2 TSIS 与外部程序接口原理图

Corsim 的运行结果通过 TSISIntf.dll 传送给 TSIS 用于在 TSIS 的输出窗口中显示。TSISIntf.dll 的作用非常重要,是 Corsim、TSIS 和 RTE 的中介,起着 TSIS Run-time API 的作用。总的来说,在 TSIS 环境中,实现先进的交通控制算法的四个必要步骤如下(详细操作步骤,请参考文献[6]):

- 1) 在 TSIS 中,增加实时交通信号控制(real-time traffic control)工具,使得 TSISIntf.dll 能与 RTE.dll 实时交换数据。
- 2) 修改 trf 文件,使得需要外部控制的信号交叉口和入口匝道信号能够被 RTE.dll 控制。
- 3) 在 VC 中,编写 RTE.dll,实现用户的交通控制算法。
- 4) 在 TSIS 中,执行实时交通控制工具,调用 RTE.dll 实现 VC 与 TSIS 的交互作用。

在 RTE.dll 实现控制算法是 TSIS 与 VC 接口的关键之处。RTE.dll 与 Corsim.dll 相互交换数据的过程如图 3 所示。

- 1) 在 TSIS 中,增加实时交通信号控制(real-time traffic control)工具,使得 TSISIntf.dll 能与 RTE.dll 实时交换数据。
- 2) 修改 trf 文件,使得需要外部控制的信号交叉口和入口匝道信号能够被 RTE.dll 控制。
- 3) 在 VC 中,编写 RTE.dll,实现用户的交通控制算法。
- 4) 在 TSIS 中,执行实时交通控制工具,调用 RTE.dll 实现 VC 与 TSIS 的交互作用。

在 RTE.dll 实现控制算法是 TSIS 与 VC 接口的关键之处。RTE.dll 与 Corsim.dll 相互交换数据的过程如图 3 所示。

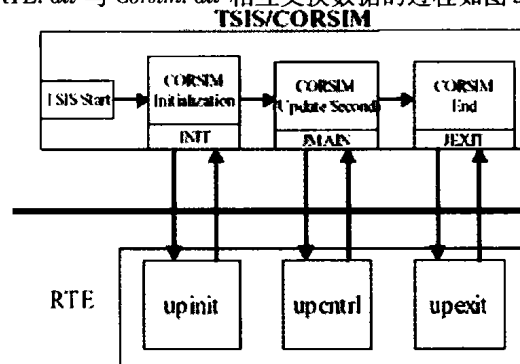


图 3 RTE.dll 与 TSIS 数据交互图

RTE.dll 中的 Upinit, Upctrl, Upexit 三个函数是与 Corsim 交换数据的关键,分别与 Cosim 的三个函数 INIT、JMAIN、JEXIT 对应。Upinit 函数读入 trf 文件,并根据该文件,产生路段对象、节点对象、检测器对象以及读入初始信号控制方案。Upctrl 函数是实现控制算法的关键函数,用户开发的交通控制算法在该函数中实现。

在仿真过程中,RTE.dll 和 Corsim.dll 每秒交换一次数据,将根据信号控制算法计算得到的信号控制数据的实时传送给 Corsim。Upexit 函数是在仿真结束时候进行调用,它删除 RTE.dll 中所有对象,并退出 RTE.dll。

4 VC 与 Matlab 接口技术

VC 是由 Microsoft 公司开发的可视化编程语言,是目前功能最强、应用最广泛的软件开发工具之一,但是要想在 VC 中实现复杂的控制算法,需要做大量编程工作。Matlab 语言是目前使用最为广泛的科学计算软件,包括大量实用的工具箱和库函数,很容易实现各种复杂的控制算法,如模糊控制、神经网络、遗传算法等。

利用 Matlab 与 VC 的接口,把 Matlab 语言与 VC 混合编程,充分利用两者的优点成为 Matlab 语言扩大应用和提高编程效率的一个热点,有大量的文献探讨这项接口技术^{[7][8]}。关于 Matlab 与 VC 的接口技术,总的来说,有以下三种方式:

1) 利用 Matlab 引擎,采用客户和服务端计算方式,以 VC 程序作为前端客户机,它向 Matlab 引擎传递命令和数据信息,并从 Matlab 引擎接收 Matlab 运算后返回的数据信息。

2) 用 Matlab 的编译器 mcc 将 Matlab 的 M 文件转换为 C++ 的源代码以产生完全脱离 Matlab 运行环境的独立的运用程序。

3) 采用专用的把 Matlab 的 M 文件转化为 C++ 代码的 Matcom 工具编译 M 文件将其翻译为 C++ 源代码。

这三种方法各有利弊。利用 Matlab 引擎可提供最全面的支持,调用工具箱中的函数可节省大量的系统资源,实现方便,应用程序整体性能较好,但不可脱离 Matlab 的环境运行。用 Matlab 编译器实现工具箱函数的调用,须转换相应的 m 文件使其成为独立的 C++ 程序,该方法不支持图形函数和 m 文件的嵌套,且转换的代码可读性较差。用 Matcom 进行转换非常方便,支持图形函数,且支持同一个目录下的 m 文件嵌套,代码执行的速度比不转换时运行速度快,但是生成的代码可读性不太好,调试不方便。

本文采用的是对 Matlab 支持最全面、实现最容易的第一种方法,直接在 VC 中利用 Matlab 引擎调用 Matlab 中现有的库函数实现智能交通控制算法,如图 4 所示。

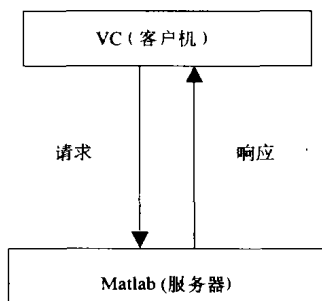


图 4 Matlab 与 VC 接口原理图

5 VC、TSIS 和 Matlab 综合集成技术

结合第 2 节和第 3 节所论述的方法,可以把 VC、TSIS、Matlab 三种软件综合集成起来使用,利用 VC 的编程效率和数据通信能力、TSIS 高效的交通流仿真能力以及 Matlab 实现复杂智能控制算法的能力,实现先进的交通控制仿真平台。具体实现方法为:在 VC 和 TSIS 接口的基础上,在 RTE.dll 中的 Upctrl 函数中调用 Matlab 引擎实现复杂的控制算法,如图 5 所示。

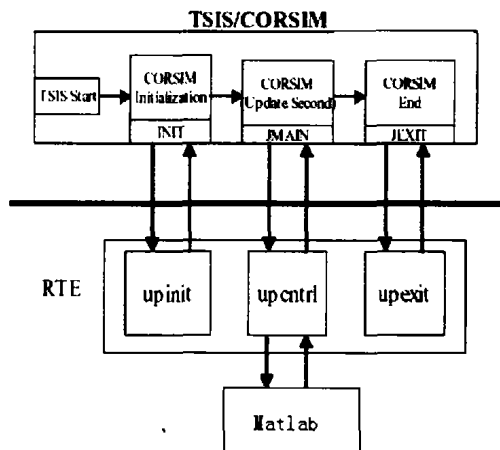


图 5 利用 TSIS、VC 和 Matlab 构成交通控制仿真平台 3

这样利用 TSIS、VC 和 Matlab 的综合集成技术构建了一个实现容易、功能强大的交通控制仿真平台,具有一定的通用性。该交通控制仿真平台可用于检验交通控制算法的效果。

6 结论

综上所述,用 TSIS、VC 和 Matlab 构建的交通控制仿真平台充分利用了这三种软件的优势,通过三个软件之间的数据交换能够方便快捷地实现各种先进的智能交通空算法。

作者利用该仿真平台实现了入口匝道智能控制和基于交通流预测的出口匝道相连交叉口信号控制^[9],并取得了很好的效果,由于篇幅的关系,这里不能展开叙述。

当然,要使得交通仿真平台真正达到现场实验的效果,还需要做大量的交通网络编辑、设置以及参数校正工作。这样才能构造一个几乎与真实的交通流运行状况相一致的交通仿真的实验环境,从而更精确评价交通控制算法的效果。

参考文献:

[1] Federal Highway Administration, TSIS User Manual V. 5. 0 [M]. 2001.
 [2] Farradyne Systems Incorporated and Georgia Technological Research Institute, RT - TRACS Real - Time Traffic - Adaptive Control System [M]. August, 1994.
 [3] University of Arizona, Real - Time Traffic - Adaptive Signal Control Logic: Prototype Concept Description [R]. A Report to Federal Highway Administration, Washington, D. C. , December, 1994.

(下转第 182 页)

```
bind("interval_num_", &interval_num_);
...
```

相应的,需要在 Tcl/lib/NSdefault.tcl 文件中对这些参数初始化,即在文件中加入如下行:

```
Queue/DCHOKe set max_cand_num_ 10
Queue/DCHOKe set cand_num_ 1
Queue/DCHOKe set choke_adaptive_ 0
Queue/DCHOKe set interval_num_ 1
```

我们加入的算法并不涉及到对队列包头的改变,并不需要其他的方面,因此,此时只需将编写的 dchoke.cc 文件加入到 NS 目录下,并且改动 Makefile 文件,将 dchoke.o 文件加入到该文件 NS 对象文件列表中,重新执行 make 命令,重新编译 NS,至此生成了新的 NS 平台。至此就可以在 OTcl 脚本中调用我们编写的算法。下面是具体调用的 OTcl 脚本相关行:

```
set ns[ new Simulator ]
...
set cand_num_ 3
set choke_adaptive_ 1 //改变 C++ 参数
...
$ ns duplex -link $ n0 $ n1 1Mb 10ms DCHOKe //
```

调用新算法;

```
...
$ ns run
```

这样,达到了自己编写网络对象的目的,实现了对 NS 的扩展,方便了我们的仿真的需要。

4 结束语

随着计算机的功能不断增强,仿真成为一个有效的、必不可少的工具,它能帮助人们更确切更详细地分析网络模型的性能。NS 软件包可以从网络上免费下载,所有的源代码都公开,是一个开放的仿真平台,用户可以通过继承 NS 类来开发适合自己需要的对象模块,集成到 NS 环境中去。本文介绍了 NS 的两级体系结构以及 C++ 代码和 OTcl 代码之间的接口连接,并且详细地说明了对 NS 平台的扩展方法及步骤,对于需要在 NS 中加入新的仿真元素的仿真试验来说是具有很切实的意义的。

参考文献:

- [1] 杜炜,王行刚. 网络仿真在网络性能指标评价中的应用[J]. 计算机工程与应用,2003,18:176-180.
- [2] 刘强. 基于免费软件 ns2 的网络仿真[J]. 电子技术应用,2001,2:63-64.
- [3] 刘俊,徐昌彪,隆克平. 基于 NS 的网络仿真探讨[J]. 计算机应用研究,2002,3:54-57.
- [4] 戴晔,魏蛟龙,陈恒. NS 网络仿真技术及其在网络拥塞控制研究中的应用[J]. 船舶电子工程,2003,1:47-51.

[作者简介]



魏蛟龙(1964-),男(汉族),江西南昌人,副教授,硕士生导师,主要研究方向:人工智能。

肖艳华(1978-),女(汉族),湖北宜昌人,硕士研究生,主要研究方向:网络拥塞控制。

张弛(1977-),男(汉族),湖北武汉人,博士研究生,主要研究方向:网络拥塞控制。

(上接第 193 页)

- [4] H Liu, L Chu, W W Recker. Paramics API development document for actuated signal, signal coordination and ramp control, PATH, working paper, UCB-ITS-PWP-2001-11.
- [5] Michael Zhang, Wenlong Jin. Evaluation of on-ramp control algorithm[R]. California PATH Working Paper, UCB-ITS-PWP-2001-14.
- [6] IIT Industries, Inc., Systems Division, ATMS R&D and Systems Engineering Program Team, Run-time extension development guidance V.5[M]. February 2001.
- [7] 李江红,韩正之. Matlab 和 C++ 接口中函数注册的实现[J]. 计算机应用,2000,20(4):18-20.
- [8] 陶红,袁金荣. Matlab 与 C/Visual C++ 混合编程的实现[J]. 计算机工程与应用,2000(10):35-40.

- [9] 陈德望. 高速公路交通流建模及其智能控制系统研究[D]. 中国科学院自动化研究所博士学位论文,2003-7.



[作者简介]

陈德望(1976-),男(汉族),安徽人,工学博士,讲师,研究领域:智能控制、交通仿真、交通信号智能控制与智能交通系统。

蔡伯根(1966-),男(汉族),江苏南通人,教授,研究领域:交通信息工程与控制、车辆定位与导航等。

吴建平(1957-),男(汉族),浙江人,博士,教育部(智能交通系统)长江学者,北京交通大学特聘教授,博导,英国南安普敦大学交通技术研究所高级研究员,主要研究领域为交通流微观模拟、高速公路管理和控制与智能交通系统等。