

机坪摆渡车实时调度系统仿真

杨文东¹ 陶婧婧¹ 贾玉平²

(1. 南京航空航天大学民航学院, 南京, 210016; 2. 华为技术有限公司, 深圳, 518129)

摘要:随着机场生产资源与运输需求之间的矛盾日益突出,机坪车辆优化调度已成为大型机场运行的关键问题之一。以摆渡车为对象建立仿真模型,提出机坪摆渡车调度仿真的多目标优化方法。设计了对接摆渡车仿真优化路线的实时调度系统,实现了信息的无线传输、IC卡控制与人机交互。对仿真系统、实时调度系统的实验及调试表明各模块可以安全可靠地运行,满足机场车辆调度的要求。

关键词:停机坪;摆渡车;调度仿真;实时调度

中图分类号:U8 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2615(2013)06-0854-05

Simulation of Real-Time Scheduling of Airport Ferry Bus

Yang Wendong¹, Tao Jingjing¹, Jia Yuping²

(1. College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing, 210016, China;
2. HuaWei Technology Limited Corporation, Shenzhen, 518129, China)

Abstract: Vehicle optimization scheduling has become a key problem of large airport with conflict developing between airport production resources and transportation demand. The multi-objective optimization method of ferry bus scheduling simulation is proposed using ferry bus as simulation object. The real-time scheduling system corresponding to simulation optimization line of ferry bus is designed, and the wireless transmission of information, IC card control and interaction between person and machine are realized. Experiment and debugging of simulation system and real-time scheduling system show safe operation of each module so as to meet request of airport vehicle scheduling.

Key words: apron; ferry bus; scheduling simulation; real-time scheduling

机坪车辆调度是机场管理的一项重要内容。在中国民航发展之初机场生产资源并不为航空运输的瓶颈环节,甚至出现过剩情形。随着近几年民航的迅猛发展,越来越多的机场生产资源出现不足,与航空需求之间的矛盾日益突出。车辆合理调度可以提高机场车辆调度效率,实现机场资源的有效配置与优化利用。

不少专家、学者对航班地面服务调度作了深入研究。国内龚涛(2002)等人以中国国际航空公司机坪保障服务调度为例,研究了机坪保障服务的关键路径以及各项作业的冗余时间^[1];王博涛(2006)在分析站坪调度问题构成要素和约束的基础上,利

用分解策略和多目标权衡策略将站坪调度问题分解为机位指派问题和机坪保障设施调度问题^[2];姚韵(2007)等人将地面过站服务调度问题看作是具有一定时间窗和作业调整时间的多目标多设备并行的作业排序问题,提出考虑不同设备加工能力的设备能力差分配法^[3];周蕾(2012)在不同类型除冰坪对于接纳飞机的型号约束和各机坪除冰能力容量约束规则基础上,建立了多坪除冰作业调度模型^[4]。国外 Hafizogullari(2002)等人利用仿真方法分析了美国三角航空公司在 JFK 机场的过站流程,寻找飞机的最优过站时间^[5];Cheung(2005)等人提出了以设备中转时间最短为目标的飞机过站设备

基金项目:国家软科学研究计划立项目(2011GXQ4B023)资助项目;中国民用航空局专项基金资助项目。

收稿日期:2013-08-15;**修订日期:**2013-10-15

通信作者:杨文东,男,副教授,E-mail:ywendong@nuaa.edu.cn。

调度问题的遗传算法,并用此方法解决清水车和拖车的调度问题^[6];Hojong(2008)等人建立了飞机过站模型(Virginia tech airfield simulation model, VTASIM),对飞机从降落至起飞整个过程进行模拟,包括飞机在滑行道的滑行、飞机滑入滑出停机位和在停机位接受各种保障服务的过程^[7]。

国内外学者多以数学建模方法分析车辆调度过程,仿真方法可以直观再现车辆运行轨迹、交叉口冲突等,并可写入算法程序。因此,文中以国内机场停机坪车辆实际调度为基础,利用 SIMIO 软件仿真机场停机坪车辆调度过程,评估机场停机坪车辆的调度规则与效率;并利用 TCP/IP 协议、车载无线通讯信设备等实现优化方案的即时传输和显示。

1 基于 SIMIO 的车辆调度模型

机坪车辆单一任务特点使其受不同类型车辆间交叉影响较轻,但对于某一类型车辆资源数量和路径优化程度影响较大。因此,选择单一调度资源——摆渡车进行研究,探讨机坪摆渡车的仿真优化过程、优化结果的传输和显示。

1.1 仿真说明

(1) 仿真基本假设

仿真全天所有远机位航班摆渡车的服务情况,在不影响摆渡车运行效果前提下对模型作如下假设:

- ① 仿真初始状态,系统内无航班和旅客,车辆在指定停放点处于就绪状态;
- ② 所有摆渡车在仿真过程中工作正常;
- ③ 车辆完成服务后,回停放点等待;
- ④ 不考虑飞机降落后滑行过程的仿真;
- ⑤ 不考虑旅客上机和下机的具体细节仿真;
- ⑥ 服务规则为先到先服务(First coming first service, FCFS)。

(2) 仿真对象

机坪摆渡车调度仿真模型主要由旅客、摆渡车、远机位、航站楼远机位登机门、机坪出口和车辆行驶道路等对象组成,其中远机位对象分解为远机位旅客到达对象和远机位旅客退出系统对象两部分,分别对应旅客进入系统和退出系统。航站楼远机位登机门只产生旅客,航站楼出口用于旅客退出系统,两者分别为远机位登机门旅客到达对象和航站楼出口旅客退出对象。

仿真过程中摆渡车有4种状态:空闲、运输、上下客和空载行驶,用 ResourceState 值表示这4种状态。Flight_Serve 为摆渡车当前服务的航班号,

开始时摆渡车停放在指定停车点,摆渡车 ResourceState 为0,Flight_Serve 为空。旅客的产生基于航班时刻表的时间数据和旅客数据。进港旅客产生于各机位的飞机舱门,经过运输至航站楼旅客到达入口离开系统。离港旅客产生于航站楼登机口,经过运输至飞机舱门离开系统。

(3) 仿真流程

一般调度规则是服务需求产生时,确认所需摆渡车数量,按照车辆序号的先后搜寻指定数量 Flight_Serve 为空的车辆。若系统中没有 Flight_Serve 为空的车辆,系统触发监视器,一旦出现 Flight_Serve 为空的车辆立刻为其指派任务;如果没有足量的 Flight_Serve 为空的车辆,则先将航班号写入已搜寻到的摆渡车 Flight_Serve 变量,并将服务需求的车辆数量减去已指派的车辆数量,同时系统触发监视器,等待 Flight_Serve 为空的车辆进行指派。当进港航班所有旅客下车完毕或者离港航班所有旅客登机完毕,摆渡车的 Flight_Serve 值变为空,同时系统记录服务的详细信息,包括摆渡车号、航班号、航班性质(进港/离港)、到达机位时间、服务完成时间、服务是否延误、延误时间等。

1.2 优化目标

(1) 车辆工作量

为了保证设备的安全使用和便于驾驶人员的分配,在进行车辆调度时尽量保证不同车辆工作量的均衡,不致出现部分车辆工作量高而有些车辆闲置。其中一个优化目标设定为车辆总负荷差最小

$$\min Z_1 = \sum_{i,j \in A} (N_i - N_j) \quad (1)$$

式中:A表示摆渡车序号的集合; i, j 表示摆渡车的序号, $i, j = 1, 2, \dots, n$; N_i, N_j 分别表示摆渡车*i*和摆渡车*j*服务的航班数量,且 $N_i > N_j$ 。

(2) 车辆行驶距离

国际燃油价格的攀升,车辆燃油成本不断增加,而耗油量主要受车辆行驶距离影响,减少行驶距离可降低机场或航空公司的油料成本,减少对环境的影响。车辆行驶距离作为车辆调度的优化目标之一

$$\min Z_2 = \sum_{i \in A} S_i \quad (2)$$

式中 S_i 表示*i*摆渡车的行驶距离。

(3) 车辆数

机坪上保障设备昂贵,一台摆渡车价值几百万,一辆行李拖车价值十几万。因此,在保证服务正点率的同时减少车辆数量,不仅可提高设备的利用率还可降低设备成本

$$\min Z_3 = n \quad (3)$$

1.3 优化方法

一般调度规则是以先到先服务的原则选取最先能够提供服务的车辆指派给航班,这样的调度规则使得航班能尽快得到服务,但在平衡工作量以及减少车辆行驶距离方面有改进的空间。为了实现上述优化目标,对仿真模型进行优化。

(1) 车辆工作量平衡实现

模型中摆渡车对象增加一个数值变量,记录每辆摆渡车服务的航班数,在旅客的下车逻辑过程中增加该变量的赋值步骤。每当摆渡车完成一次航班服务,旅客下车完毕后,变量加1。

每个远机位登机门旅客出发对象出口点和远机位旅客到达对象出口点的运输器选择目标逻辑设置为最小值,在选择表达式中用属性表示选择服务航班数最少的车辆为航班服务,可实现系统中存在多个车辆时,选取服务航班数最少的车辆进行服务,从而平衡不同车辆间服务航班数的差别。

(2) 基于贪婪思想的车辆调整策略

影响设备调度结果以及体现调度规则的是在每一个服务需求点(远机位航班到达出口点和远机位航班登机门出口点)设置的预定车辆策略,决定了系统中存在多个可用车辆时的选择规则和逻辑。为减少车辆行驶距离,选择摆渡车时利用贪婪算法的思想,在到达航班或出发航班发出摆渡车服务需求时,如果存在多个处于空闲状态的车辆,比较每辆摆渡车与此航班预定的停机位距离,选取距离最近的摆渡车。

具体实现可通过运输器预定规则(Reservation method)、运输器选择条件和运输器选择目标3个逻辑设置进行车辆选择规则的设定,其中选择条件和选择目标对运输器选择策略的影响程度低于运输器预定规则,即系统进行车辆指派时优先根据 Reservation method 的逻辑为备选车辆进行初步排序,筛选最符合预定规则的车辆,如果存在多个满足规则的车辆,再根据选择目标、选择表达式和选择条件的逻辑设置确定车辆指派。当发出运输服务需求时,系统根据写入的贪婪规则搜索所有车辆,将满足选择条件的车辆对象预定。

(3) 车辆数量优化实现

首先根据给定车辆进行仿真分析,分析车辆是否满足航班需求,若车辆的使用率较低,则表明车队有进一步缩减的可能性。减少车辆数量独立重复运行系统,考察在不同摆渡车数量情况下航班服务质量和摆渡车运行情况,综合比较分析,确定目标机场最优的摆渡车数量。

(4) 综合目标优化

建立的仿真模型可以实现单一与组合目标优化。在机场车辆与人力资源不受限制时行使距离成为唯一的优化目标;车辆资源不受限制时成为工作量和行使距离的双目标优化问题;车辆资源也受限制时则成为三目标优化问题。

2 车辆实时调度系统

利用仿真分析可以获得车辆的调度时间、最优路线,但优化结果只有实时、准确传递给一线工作人员才能发挥最大效益,通过设计机场车辆智能调度系统实现车辆优化路线的信息传输、显示与交互,如图1所示。

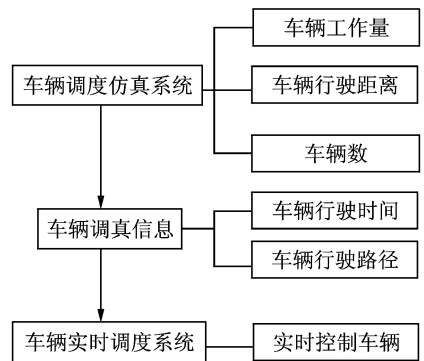


图1 车辆调度仿真系统与实时调度系统架构

2.1 信息传输架构

设计一个支持多种通信方式、射频识别和文本显示的机场车辆智能调度系统(Intelligent terminal for airport vehicle scheduling, AVS), AVS 基于 ARM 微处理器,以 GPRS 数据传输为主、GSM 短消息为辅的无线通信方式,结合互联网有线传输,并运用 IC 卡识别技术管理 AVS, LCD 液晶屏作为信息显示终端。

SIMIO 仿真优化后自动生成包含行驶时间、路径的文件,利用 Visual C++ 串口通信技术、CP2102 串口、无线通信模块 SIM300 实现信息的提取、传输、发送和接受,如图2所示。

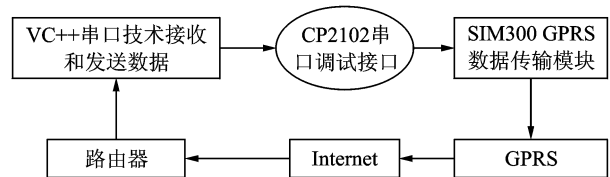


图2 数据调试传输流程

2.2 功能模块的实现

功能模块包括初始化模块、数据发送接收模

块、控件设置模块。硬件控件主要包括主控制器、无线数据传输模块、IC 卡模块和人机交互模块。主控制器用来控制和处理各个模块(GPRS 模块、IC 卡模块、JTAG 调试、E²PROM 存储和处理器电源模块、串口调试模块)的数据。无线数据传输模块采用内嵌 TCP/IP 协议栈的 SIM300,在 AVS 无法通过 GPRS 正常连接到服务器,则通过 SMS 发送消息。

IC 卡模块基于芯片 RC522 设计天线及其匹配电路,用以开启和关闭 AVS。人机交互模块则通过 LCD、按键和 LED 指示灯实现与 AVS 的交互,将需要显示的数据传输给 LCD 模块,并将接收人的按键信号反馈给微处理器。

为了实现安全可靠的无线通信、IC 卡识别和 LCD 显示,软件方面开发了硬件驱动程序、实时操作系统移植、图形用户界面(GUI)以及应用程序的设计。硬件驱动基于 STM32F10X 芯片的固件库来完成;实时操作系统通过移植 μ C/OS-II 达到系统的支持。

μ C/OS-II 移植是使 μ C/OS-II 内核可以在 STM32F103VC 微处理器上运行,主要工作是修改实时操作系统 μ C/OS-II 中 OS_CPU_C.C, OS_CPU.H 和 OS_CPU_A.ASM 三个文件相关的代码。

3 实时调度系统实现

3.1 仿真系统实现

(1) 仿真系统建立

利用 SIMIO 定义对象与 3-D 模型一体化的功能,在 Facility 窗口建立机坪 3-D 仿真界面,力求真实反映车辆、机坪、道路、登机门等对象的实际情况,如图 3 所示。

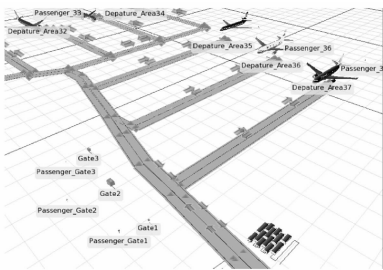


图 3 仿真系统界面图

(2) 仿真系统验证

仿真系统正确性验证是比较仿真结果和实际运行结果间的误差是否在允许范围内。机坪保障服务设备调度仿真系统中旅客上下车时间设置成

服从调查分布的随机值,将运行次数设为 10 次。系统输入条件包括航班时刻表、远机位和航站楼远机位登机口、停机坪道路数据、摆渡车数据等。

以进港旅客平均下机登车时间和平均下车时间为例(图 4,5),将仿真结果与实际调研数据进行对比。进港旅客平均下机登车时间集中在 5~6.5 s,所有旅客下机登车时间的均值为 5.803 s。平均下机登车时间仿真值与实际值的平均偏差为 0.319 s。进港旅客平均下车时间集中在 2.5~3.5 s,所有旅客下车时间的均值为 2.9 s,平均下车时间的仿真值与实际值的偏差为 0.246 s,符合精度要求。

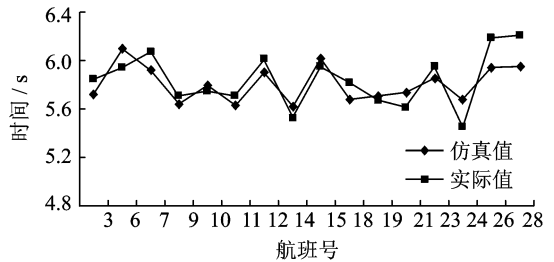


图 4 进港旅客平均上车时间对比

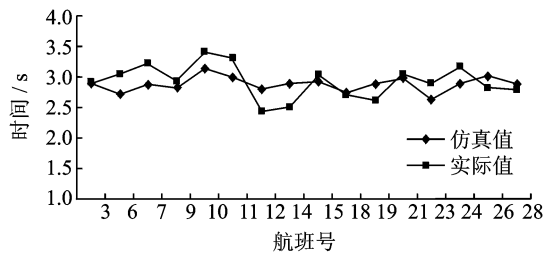


图 5 进港旅客平均下车时间对比

3.2 信息传输、显示与交互实现

(1) 信息传输

开启串口,设置串口的波特率、数据位、校验位、验收位和停止位之后进行初始化。初始化完成后用 AT 指令集打包、发送,连接到 IP 地址和对应的数据通信端口号,通过串口发送数据,TCP 服务器接收 GPRS 到模块的数据,如图 6 所示。



图 6 仿真结果传输界面

(2) 信息显示与交互

人机交互主要检查能否正常显示和反馈信息。LCD 液晶屏可以正常显示由汉字、字母、数字、符号和图片组成的车辆调度信息,按键信息能够正确反馈,满足机场车辆调度 AVS 的显示需求,如图 7 所示。

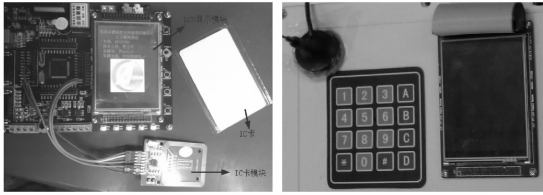


图 7 硬件控制模块调试

(3) IC 卡模块调试

IC 卡模块调试是检测微处理器是否可以正确读取 IC 卡信息,并通过 LCD 显示出来。IC 卡调试使用 STM32 的开发板与 IC 卡模块通过杜邦线连接,微处理器通过 SPI 口控制读卡芯片。IC 卡存储机场车辆的有关信息,包含车牌号、车辆类型以及持卡人员。每一个 IC 卡具有一个特定的卡号,该卡号有调度中心统一分配。调试表明,IC 卡模块可以正常地与微处理器通信,完成读取 IC 卡信息的功能。

开发的系统经在机场测试表明,该系统完全可以替代目前主要依靠人工操作的方式,在机场现有设施设备基础上投入资金少,初期完全可以用手机作为调度路径信息的接受端,满足功能不断完善的要求。

4 结束语

以机坪摆渡车为对象开发了车辆仿真与实时调度系统,实现了车辆工作负荷、行使距离与数量的多优化目标;开发了车辆调度优化路线的实时调

度系统,提出了 GPRS 与 SMS 的双通信保证方案,实现了系统按键、IC 卡两种信息交互与控制方式。软硬件调试表明,车辆仿真与 AVS 的系统设计方案可行,系统功能可实现。

参考文献:

- [1] 龚涛,刘山,何永明. 民航过站飞机的地面作业调度算法研究[J]. 中国民航学院学报, 2002,20(4):15-16.
Gong Tao, Liu Shan, He Yongming. Study on scheduling algorithm for aviation flight turnaround ground[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2002,20(4):15-16.
- [2] 王博涛. 基于遗传与启发算法的站坪调度系统应用研究[D]. 西安:西北工业大学,2006.
- [3] 姚韵,朱金福,柏明国. 航班过站地面服务的优化调度算法[J]. 信息与控制,2007,36(4):486-492.
Yao Yun, Zhu Jinfu, Bai Mingguo. An optimization scheduling algorithm for flight turnaround ground service[J]. Information and Control, 2007, 36(4): 486-492.
- [4] 周蔷. 一种简化的多坪除冰作业调度模型分析[J]. 中北大学学报,2012,33(4):425-430.
Zhou Qiang. A simplified scheduling model for multi-pad de-icing[J]. Journal of North University of China, 2012,33(4):425-430.
- [5] Hafizogullari S, Chinnusamy P, Tunasar C. Simulation reduces airline misconnections: A case study[C] // Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. Manchester, San Diego:[s. n.], 2002: 1192-1198.
- [6] Cheung A, Ip W H, Lu D. An aircraft service scheduling model using genetic algorithms[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2005, 16(1):109-119.
- [7] Hojong B, Antonio A T. Framework of a time-based simulation model for the analysis of airfield operations[J]. Journal of Air Transportation Engineering, 2008,32(2):397-413.