

文章编号: 1004-4353(2018)04-0336-04

基于 Petri 网的网络订票系统 换乘问题的建模优化

方娜, 刘祥伟

(安徽理工大学 数学与大数据学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 针对网络订票系统换乘车次时只能换乘其他车次列车的问题, 建立一种基于 Petri 网的流程模型对网络订票系统中换乘问题进行了优化. 首先分析模型中各变迁行为轮廓的弱序关系; 然后在不影响订票流程的情况下, 通过增加 Petri 网控制结构实现了换乘问题的优化, 达到了合理的换乘目的. 最后通过 PIPE 软件对优化模型进行了仿真模拟, 结果表明优化模型安全、有界.

关键词: Petri 网; 行为轮廓; 网络订票系统; 建模优化

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Modeling and optimization of transfer problem in network booking system based on Petri Net

FANG Na, LIU Xiangwei

(School of Mathematics and Big Data, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: Aiming at the problem that the trains in the network booking system can only transfer to other trains to reach the same destination, a Petri Net-based process model is established to optimize the transfer problem in the network booking system. Firstly, the weak order relationship of each transition behavior profile in the model is analyzed. Then, the Petri Net control structure is added to optimize the transfer problem without affecting the booking process, so as to achieve reasonable transfer. Finally, the optimized model is simulated by PIPE software. The results show that the model is safe and bounded.

Keywords: Petri Net; behavioral profile; network booking system; modeling optimization

0 引言

用 Petri 网对业务流程进行建模, 不但可以直观清晰地用图形表示模型及其系统关系, 而且还可以分析系统的各种结构性质以及系统的各种动态特征^[1]. 文献[2]提出了一种供网络代理商应用的网络订票系统的解决方案, 该系统对于客户具有火车票查询功能、预订功能以及支付功能, 对于代理商具有车票管理功能、用户管理功能. 文献[3]通过分析换乘旅客行为特征, 提出了一种比较 OD 最短路径距离的换乘需求统计方法. 文献[4]针对轨道交通网络, 提出了一种添加换乘因素的网络模型构造方法. 文献[5]针对网络换乘性能, 提出了一种计算城市轨道交通网络换乘次数的矩阵算法. 文献[6]针对运行时间补充和转移缓冲时间会对转移和不转移乘客的旅行计划产生不同的影响, 制定了预期的额外旅行费用(EETC)功能, 并提出了一种转移优化模型. 文献[7]提出了基于 Petri 网的网络购票系统模型的优化分

析方法,通过增加相关的活动变迁和库所对业务流程进行了建模优化. 本文针对网络订票系统中换乘车次时只能换乘其他车次列车到达目的地的问题进行建模优化,通过增加“同车次续乘”变迁,利用控制结构对同车次的购买票数进行限制,以达到合理的换乘目的.

1 基本概念

定义 1^[8](流程模型) 设 $\Sigma(A,a_i,a_0,C,F,T)$ 为一个六元组的流程模型,其中:
A 为一个非空的活动变迁节点集, C 为控制流节点集, A 和 C 不相交;
 $a_i \in A$ 为一个最初的活动变迁, $a_0 \in A$ 为一个最终的活动变迁;
 $F \subseteq (A \setminus \{a_0\}) \cup C \times (A \setminus \{a\}) \cup C$ 为流关系;
 $T : C \rightarrow \{\text{and, or, xor}\}$ 为流程模型控制流的类型.
定义 2^[9](行为轮廓) 设有网 $PN = (P, T, F, C)$, 初始标识为 M_0 , 对任意给定的变迁 $(t_1, t_2) \in (T \times T)$ 满足下列关系:

- 1) 若 $t_1 > t_2$ 且 $t_2 \not> t_1$, 则称 t_1 和 t_2 为严格序关系, 记作 $t_1 \rightarrow t_2$.
- 2) 若 $t_1 \not> t_2$ 且 $t_2 > t_1$, 则称 t_1 和 t_2 为严格逆序关系, 记作 $t_1 \rightarrow^{-1} t_2$.
- 3) 若 $t_1 \not> t_2$ 且 $t_2 \not> t_1$, 则称 t_1 和 t_2 为排他序关系, 记作 $t_1 + t_2$.
- 4) 若 $t_1 > t_2$ 且 $t_2 > t_1$, 则称 t_1 和 t_2 为交叉序关系, 记作 $t_1 \parallel t_2$.

定义 3^[9](变迁发生规则) 一个网系统是一个标识网 $\Sigma = (S, T; F, M)$, 并具有下面的变迁发生规则:
1) 对于变迁 $t \in T$, 如果 $\forall s \in S : s \in \cdot t \rightarrow M(s) \geq 1$, 则变迁 t 在标识 M 有发生权, 记为 $M[t >]$.
2) 若 $M[t >]$, 则在标识 M 下, 变迁 t 可以发生. 从标识 M 发生变迁 t 得到一个新的标识 M' (记为 $M[t > M']$), 对 $\forall s \in S$, 有:

$$M'(s) = \begin{cases} M(s) + 1, & \text{若 } s \in t \cdot - \cdot t; \\ M(s) - 1, & \text{若 } s \in \cdot t - t \cdot; \\ M(s), & \text{其他.} \end{cases}$$

定义 4^[1](可达性) 已知 Petri 网 $PN = (P, T; F, M)$, 如果存在 $t \in T$, 使 $M[t > M']$, 则称 M' 为从 M 直接可达的. 如果存在变迁序列 t_1, t_2, \dots, t_k 和标识序列 M_1, M_2, \dots, M_k , 使得 $M[t_1 > M_1[t_2 > M_2 \dots M_{k-1}[t_k > M_k]$, 则称 M_k 为从 M 可达的. 从 M 可达的一切标识的集合记为 $R(M)$.

2 基于 Petri 网的建模优化分析

随着智能手机的普及,越来越多的人在出行前选择通过手机在网上购票. 与在售票窗口排队买票相比,网上购票更加方便快捷,特别是在乘车区间内没有直达票,旅客需要换乘时,网上购票的优势就更加明显. 根据上文提到的 Petri 网的相关理论知识,本文构建出如图 1 所示的网络购票换乘模型图.

图 1 中,变迁 t_0 或 t_1 发生后,变迁 t_2, t_3, t_4, t_5 依次发生;若此次列车无直达票,即变迁 t_{11} 发生,则此时变迁 t_{12}, t_{15} 为排他关系. 当乘车区间内的某一站点有票时,变迁 t_{12}, t_{13} 相继发生. 想要到达终点只能换乘其他车次列车时,变迁 t_{14} 发生. 从图 1 中可以看出,当选择的乘车区间内没有直达票时,只能换乘到其他车次列车. 这时就会存在同车资源不能合理利用的情况. 例如:某人的乘车区间为淮南到北京,该乘车区间内没有直达票(蚌埠为该乘车区间内的子站点);但在同一车次上,淮南到蚌埠有票,蚌埠到北京也有票. 根据图 1 的流程模型,此时旅客只能换乘其他车次列车到达目的地,即产生同车资源不能合理利用的情况. 为解决这一问题,本文利用 Petri 网建立一个优化模型,如图 2 所示.

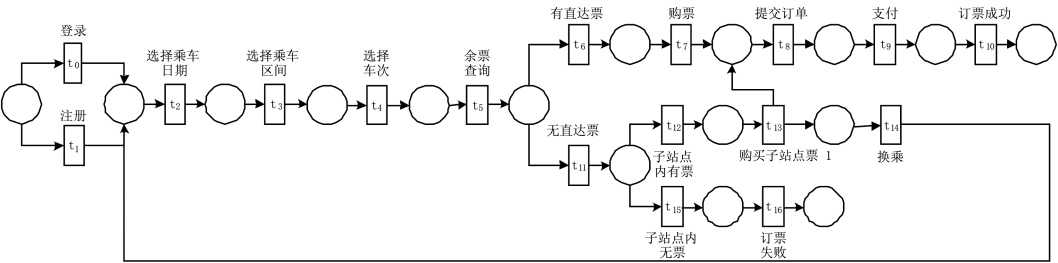


图 1 网络购票换乘模型图

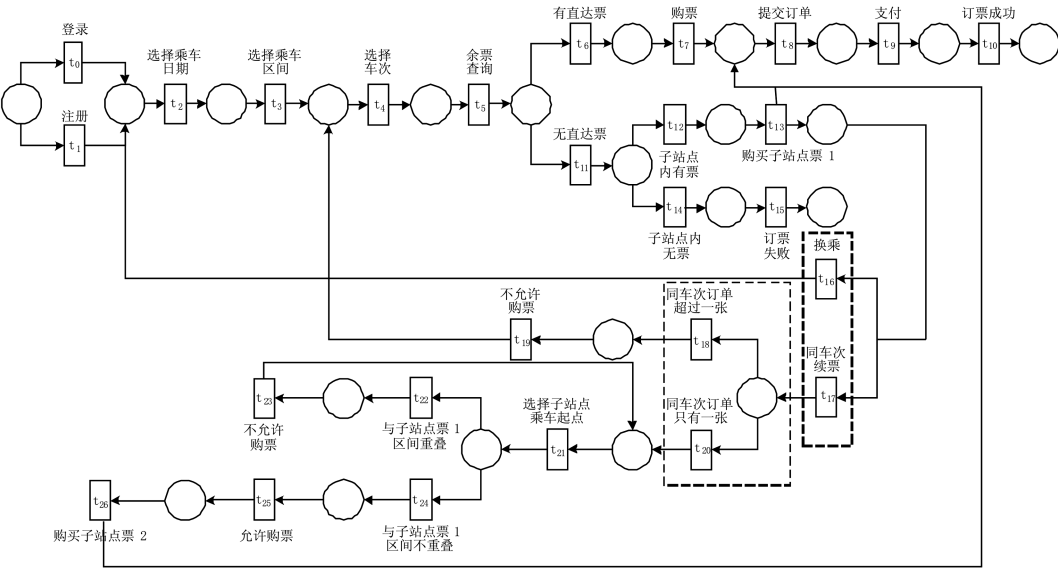


图 2 网络订票换乘优化模型

在图 2 中,为了优化图 1 中存在的问题,增加了一些新的变迁,其中虚线框中的为重点变迁.当变迁 t_0 或 t_1 发生后,变迁 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 依次发生,若此次列车无直达票,即变迁 t_{11} 发生,此时变迁 t_{12} 、 t_{14} 为排他关系.若乘车区间内的某一站点有票,可以购买到达子站点的票 1,即变迁 t_{13} 发生,此时变迁 t_{16} 、 t_{17} 为排他关系.变迁 t_{17} 为新增加的一个变迁,该变迁不仅为旅客提供了换乘,还提供了同车续程方案.

若变迁 t_{17} 发生,则会产生一个新的排他结构 t_{18} 和 t_{20} .增加变迁 t_{18} 是为了限制旅客同车次订单的购买票数,防止旅客在乘车区间内的子站点中无限制订票.如果同车次订单超过 1 张,变迁 t_{18} 发生,此时不允许订票,即变迁 t_{19} 发生,此时只能选择购买其他车次的车票,即变迁 t_4 发生;若同车次的订单只有 1 张,变迁 t_{20} 发生,此时可以订票.订票时需要选择乘车区间内子站点的乘车起点,变迁 t_{21} 发生,此时产生一个新的排他结构 t_{22} 和 t_{24} .若选择的子站点的乘车起点与已经购买的到达子站点票 1 的区间重叠,变迁 t_{22} 发生,此时不允许订票,变迁 t_{23} 发生,需要重新选择子站点的乘车起点,变迁 t_{21} 发生.若选择的子站点乘车起点与到达子站点票 1 的区间不重叠,则变迁 t_{24} 发生,此时允许订票,变迁 t_{25} 和 t_{26} 相继发生,进而变迁 t_8 、 t_9 、 t_{10} 依次发生.变迁 t_{10} 发生,则表明订票成功.

3 优化模型的仿真模拟

为了验证优化后模型(图 2)的合理性和可达性,利用 PIPE 软件对模型进行仿真.首先在 PIPE 的工作窗口上画出优化后的模型图,如图 3 所示;然后对模型进行仿真,并分析其状态空间.选择“State Space Analysis”后,得到的结果如图 4 所示.从图 4 可以看出,优化后的模型有界、安全,表明优化模型对网络订票换乘的改善是合理可行的.

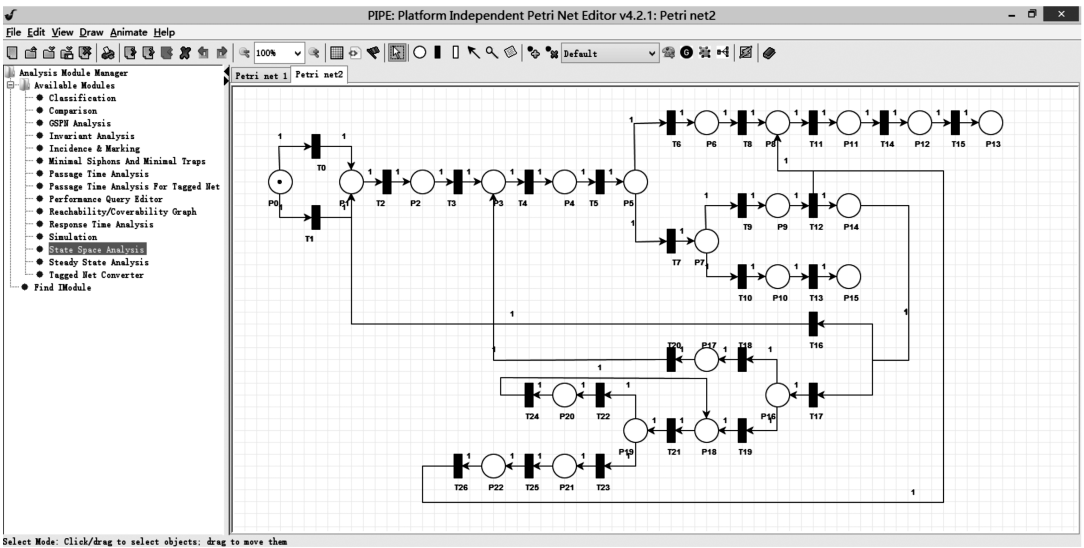


图 3 仿真模型图

4 结束语

本文针对网络订票系统中换乘车次时只能换乘其他车次列车到达目的地的问题,基于 Petri 网的相关知识提出了一种优化模型. 利用 PIPE 软件对优化后的模型进行仿真表明,优化后的模型有界、安全,实现了对同车次资源的合理利用,因此本文方法具有很好的适用性. 本文在研究中只是从控制流角度对网络购票系统中换乘的问题进行了建模优化,并未考虑其数据的依赖关系,因此如何从数据流的角度对该问题进行研究分析将是下一步工作的重点.

参考文献:

[1] 吴哲辉. Petri 网导论[M]. 北京:机械工业出版社,2006:1-44.

[2] 罗兵. 铁路系统网络订票系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2014.

[3] 李丽辉,朱建生,史峰,等. 高速铁路换乘需求统计算法研究[J]. 铁道科学与工程学报,2018,15(5):1111-1117.

[4] 孙磊,曹仪民,李荣,等. 基于换乘行为的轨道交通网络模型研究[J]. 数学的实践与认识,2018,48(5):141-148.

[5] 谭玉荣,陈峰,胡映月. 城市轨道交通网络换乘性能研究[J]. 城市轨道交通研究,2017,20(3):113-116,123. DOI: 10.16037/j.1007-869x.2017.03.025.

[6] Ning L, Zhao P, Xu W, et al. Transfer robustness optimization for urban rail transit timetables[J]. Journal of Advanced Transportation, 2018,2018:1-16.

[7] 郝惠晶,王丽丽,刘祥伟. 基于 Petri 网的网络购票系统的建模优化分析[J]. 绥化学院学报,2018,38(3):1-4.

[8] Smirnov S, Weidlich M, Mendling J. Business process model abstraction based on behavioral profiles[C]//International Conference on Service-Oriented Computing. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010:1-16.

[9] 方贤文. Petri 网行为轮廓理论及其应用[M]. 上海:上海交通大学出版社,2017:1-16.

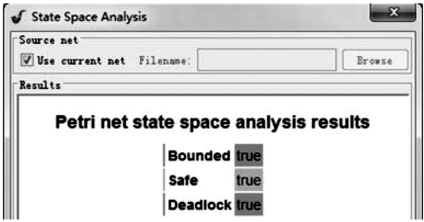


图 4 PIPE 软件对模型仿真分析的结果