

一种公交网络最优路径新算法^{*}

蔡念, 蔡彩燕

(广东工业大学信息工程学院, 广州 510006)

摘要: 从出行者的实际情况出发, 提出步行愿望系数, 综合考虑最小换乘次数、最短时间以及最小费用等因素, 提出了一种公交网络最优路径新算法, 应用于广州市大学城公交线路查询, 实现相应的仿真系统。

关键词: 最优路径; 步行愿望系数; 公交线路查询

中图分类号: U491 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2010)03-0907-02

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.03.027

Novel optimal route algorithm for public transportation

CAI Nian, CAI Cai-yan

(School of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: According to the traveler's desirability, this paper proposed a novel optimal route algorithm for public transportation based on some factors, such as the desire-to-walk coefficient, the smallest transferring number, the least time cost, and the least economic cost. Applied the algorithm to bus route query in the Guangzhou Higher Education Mega Center and also established a simulated system for bus route query.

Key words: optimal route; desire-to-walk coefficient; bus route query

城市公共交通运输以其覆盖面广、经济快捷的特点, 目前仍然是绝大多数出行者的首选方式。同时, 高效、合理地使用公共交通系统能够有效地缓解日益严重的城市道路交通紧张状况, 因此众多学者提倡公共交通系统优先理念, 并得到了各地政府的大力支持。

最优路径方法对评价和优化公交网络以及公交线路查询具有非常重要的实际意义^[1-8]。传统的最优路径问题往往就是最短路径问题, 即只需找出两点之间路径距离最短。Dijkstra 算法由于其稳定性、能适应网络拓扑的变化, 同时占用较少的系统内存空间, 是一种应用最为广泛的最短路径算法。可是在公交网络中, 考虑到乘客出行心理, 最短路径不一定就是最优路径^[3]。因此, 目前绝大多数的公交网络最优路径算法都考虑了换乘次数。杨新苗等人^[3]提出以换乘次数最少为首要目标、出行距离最短为第二目标的给予 GIS 的最优路径选择方法。廖楚江等人^[4]将图算法部署到空间网络数据库中, 结合最少换乘思想, 实现一种高效稳定的公交网络最优路径算法。王建林^[5]提出在杭州市三次以内的转车是合理的, 从而提出一种基于三次转车方案的最优路径算法。侯刚等人^[6]提出空间数据到拓扑模型再到搜索模型的公交双层建模方案, 改进了传统的 Dijkstra 算法, 有效地实现了大连市公交网络最优路径的选择。梁虹等人^[7]基于 ISO FDF 导航数据库, 提出一种改进的 A* 算法较好地解决了公交线路的实时查询。孙燕等人^[8]采用广义路阻定义, 提出了一种基于混沌神经网络的最优路径选择算法。在实际生活中, 有时两个换乘站之间或者换乘站到目的地之间的步行距离不是很远, 等车时间有时甚至远远超过步行时间; 而且, 某些出行者愿意承担少许的步行时间代价以换取更少的换乘次数或更少的乘车费用。

1 最优路径算法

1.1 路径选择算法

根据公交线路的实际情况和大众心理分析, 在广州市内, 换乘次数小于等于两次是比较合理的^[9]。因此, 本文不考虑换乘次数超过两次的方案, 这样最多只需进行三次搜索, 从而简化算法模型, 降低程序运行时间复杂度, 提高整体查询效率。

采用启发式算法中改进策略的思想^[10], 即首先从直达方案出发, 然后对所求某条路径 K_i 的质量进行评价, 不满意则采用启发式方法设计改进规则, 增加换乘次数, 逐步改进 K_i , 直至得出满意的 K_i 为止。

设起点为 A, 终点为 B, 路径选择策略如下:

a) 考虑直达情况。搜索经过 A 的所有路径, 如果在该路径中出现了 B, 且 $A \rightarrow B$ 为该路线的行驶方向, 那么该路径为其中一个解。采用该方法遍历所有经过 A 的路径求解, 直到结束。

b) 若步骤 a) 无解, 则考虑一次转乘的情况。搜索经过 A 的所有路径, 同时搜索经过 B 的所有路径, 如果这两条路径有交点且不为 A 或 B, 那么该交点为转乘站, 遍历所有经过 A 和 B 的路径, 可求得所有转乘站, 即得到所有一次转乘的路径方案。

c) 若步骤 b) 仍无解, 则考虑二次转乘的情况。在一次转乘的基础上, 搜索经过 A 的任意下一站 C (即存在 $A \rightarrow C$ 的路径), 然后搜索所有经过 B 的任意前一站 D (即存在 $D \rightarrow B$ 的路径), 如果 C、D 存在直达路径且不是重复站, 则存在 $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$ 的二次转乘路径, 当遍历完所有 C 点和 D 点, 就能得到所有二次转乘的路径方案。

d) 若步骤 c) 无解, 则认为不存在令查询者较为满意的公

收稿日期: 2009-08-05; 修回日期: 2009-09-22 基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2007BAH13B03)

作者简介: 蔡念(1976-), 男, 安徽马鞍山人, 副研究员, 博士后, 主要研究方向为智能交通、计算机视觉等(cainian@gdut.edu.cn); 蔡彩燕(1985-), 女, 广东揭西人, 主要研究方向为智能交通。

交路径,可以考虑步行至相邻车站搭乘公交车等方案。

将以上所得路径 K_i 按查询者要求排序筛选,如时间 T_{AB} 优先、费用 M_{AB} 优先、换乘次数 N_{AB} 优先,或者时间、费用、换乘次数三者的综合因素,即质量因子 $P = \alpha T_{AB} + \beta M_{AB} + \gamma N_{AB}$ 等 ($\alpha + \beta + \gamma = 1$)。取排序靠前的若干路径方案作为 K_i 的子集 K'_i ,即为所求最优路径选择方案。

1.2 步行愿望系数

当采用以上算法查询结果为空或不理想时,甚至是出行者愿意承担少许的时间代价以换取更少的换乘次数或更少的乘车费用时,可以建议出行者进行短距离的步行,即在路径选择方案中考虑步行因素。假定知道所有站点之间的步行时间,则当两站点间无相应方向可通路径时,引入步行边,从而将系统构建为一个完全有向连通图。

设任意两站点 A、B 间的步行时间为 a_{AB} ,算法所得公交路径最短时间为 t_{AB} ,则存在以下两种情况:

a) 若算法可求得两站点间的可行路径,但事实上出现严重绕行现象,则认为查询结果不理想,可考虑是否选择步行到达。

b) 若算法求得两站点间不存在任何路径时,令 t_{AB} 为 ∞ ,则由 A 站到达 B 站只能选择步行。

设查询者的步行愿望系数为 $\lambda (0 \leq \lambda \leq 1)$,乘车愿望系数为 $1 - \lambda$ (影响 λ 的因素有天气状况、经济状况、心情及体力等),则:

a) 当 $\lambda \times t_{AB} \geq (1 - \lambda) \times a_{AB}$ 时,选择步行;否则 $\lambda \times t_{AB} < (1 - \lambda) \times a_{AB}$,选择乘车。

b) 当 $t_{AB} \rightarrow \infty$ 时,对任意给定 $\lambda (0 < \lambda \leq 1)$,有 $\lambda \times t_{AB} > (1 - \lambda) \times a_{AB}$,选择步行。

c) 当 $\lambda = 0, t_{AB} \rightarrow \infty$ 时,即既不愿意步行,也不存在乘车路线。但一般不会出现该情况,即不会同时出现 $\lambda = 0$ 且 $t_{AB} \rightarrow \infty$ 。

由此验证了通过对比 $\lambda \times t_{AB}$ 与 $(1 - \lambda) \times a_{AB}$ 可确定选择乘车或步行。令 y 表示步行方案,则

$$y = \begin{cases} 1 & \text{当 } \lambda/a_{AB} \geq (1 - \lambda)/t_{AB} \\ 0 & \text{当 } \lambda/a_{AB} < (1 - \lambda)/t_{AB} \end{cases} \quad (1)$$

显然,当 $y = 1$ 时,出行者愿意选择适当的步行;当 $y = 0$ 时,出行者不愿意选择步行。 λ 体现了不同人在不同时间、不同情况下步行的愿望程度。 λ 的引入使得公交网络路径选择方案更加人性化,可将该模型运用于公交路径选择查询系统。 λ 的具体数值可以根据社会调查进行统计确定或者可以由出行者自己根据需求进行选择。

2 公交查询仿真系统

采用 Visual Studio 2005 作为开发环境,SQL Server 2000 作为信息数据库管理系统,将所提出的公交网络最优路径算法应用于广州市大学城公交网络,构建广州市大学城公交网络查询仿真系统(图 1)。该仿真系统主要实现了以下四个功能:

a) 地图显示。主要包括两个重要功能:地图显示放大缩小功能以及在地图上对查询数据的显示输出,给乘客一种直观形象的指示。

b) 公交线路查询。系统可以查询任意一条广州市大学城内的公交线路信息,如公交线路经过的站点、各站点之间的时间差等,同时在地图上高亮显示相关公交线路经过的路线。

c) 公交站点查询。系统可以查询公交站点的相关详细信息,如在地图显示所在的位置、经过该站点的公交线路等。

d) 公交换乘查询。系统可以查询广州市大学城任意两个地点的公交换乘方案。如果两个地点经过两次以下的换乘即可到达,那么就直接给出公交线路及其换乘查询结果;如果两个地点需要两次以上换乘才可达到或者行人综合考虑一些其他因素(如票价、时间、换乘次数等),那么就考虑步行愿望系数,根据质量因子 P 依次排列给行人选择,同时显示相关信息(如步行距离、时间、票价、时间等)。

为了测试算法的准确率,选择两个地图数据中有的地点进行查询,查询从“华南理工大学体育馆”到“北亭村南面”的最优路径。系统给出查询提示(图 2),明确指示行人需要步行才能到达附近的公交站点,同时给出相应的公交线路选择。



图1 广州市大学城公交查询仿真系统界面

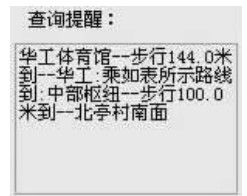


图2 查询提示

3 结束语

最优路径选择问题是公交查询系统中的一个关键问题。传统最优路径选择算法较少考虑到步行因素,在考虑实际生活中某些出行者愿意承担少许的步行时间代价以换取更少的换乘次数或更少的乘车费,本文提出步行愿望系数,综合考虑最小换乘次数、最短时间以及最小费用等因素,提出了一种公交网络最优路径新算法,有效地完成广州市大学城两个地点之间的最优路径选择问题,并提示路径的相关信息。因此,本文提出的公交网络最优路径算法将对现代公交网络查询系统具有非常重要的意义。

参考文献:

- [1] ZHANG F B, NOON C E. Shortest path algorithms: an evaluation using real road networks [J]. Transportation Science, 1998, 32 (1): 65-73.
- [2] WU Qiu-jin, HARTLEY J. Using k-shortest paths algorithms to accommodate user preferences in the optimization of public transport travel [C] // Proc of the 8th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering. 2004: 181-186.
- [3] 杨新苗, 王炜, 马文腾. 基于 GIS 的公交乘客出行路径选择模型 [J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2000, 30(6): 87-91.
- [4] 廖楚江, 蔡忠亮, 杜清运, 等. 基于最少换乘的公交最优路径算法的设计与实现 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2006, 31 (10): 904-907.
- [5] 王建林. 基于换乘次数最少的城市公交网络最优路径算法 [J]. 经济地理, 2005, 25(5): 673-676.
- [6] 侯刚, 周宽久. 基于换乘次数最少的公交网络最优路径模型研究 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 44-47.
- [7] 梁虹, 袁小群, 刘蕊. 一种新的公交数据模型与公交查询系统实现 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(3): 234-238.
- [8] 孙燕, 孙铮. 基于混沌神经网络的最优路径选择算法 [J]. 公路交通科技, 2008, 25(4): 117-121.
- [9] 陈箫枫, 蔡秀云, 唐德强. 最短路算法分析及其在公交查询的应用 [J]. 工程图学学报, 2001(3): 20-24.
- [10] 胡运权. 运筹学教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.