

文章编号: 1002-0268 (2002) 04-0082-03

具有交通限制约束的道路网络最优路径算法

邹旭东, 郑四发, 班学钢, 连小珉

(清华大学汽车工程系 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 在路网中选择并按最优路径行驶, 有利于提高交通效率。实际道路网络中交通限制信息的存在导致最优寻路的复杂性。本文先对具有动态的交通堵塞限制信息及静态禁止通行限制信息的实际交通路网进行描述, 然后在对 Dijkstra 算法以及实际交通限制信息进行分析的基础上, 提出一种考虑静态和动态交通限制信息的最优路径规划算法。应用表明, 该算法能满足实际道路网络寻路的需要。

关键词: 车辆导航; 道路网络; 最优路径; Dijkstra 算法

中图分类号: U491.13

文献标识码: A

Optimal Path Algorithm for Road Net with Traffic Capacity Limits

ZOU Xu-dong, ZHENG Si-fa, BAN Xue-gang, LIAN Xiao-min

(State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract : Selecting an optimal path can improve traffic efficiency . In reality traffic information increases the complexity of route planning . This paper describes the traffic route net which includes both real time dynamic traffic information , such as traffic jam , and static information , for example , the setting of no passing flag on routes . Based on the analysis of Dijkstra Algorithm and actual traffic capacity limit information , this paper propose a new route planning algorithm taking into account of both static and dynamic traffic information . The real application shows this algorithm can be used in real driving conditions .

Key words : Vehicle navigation ; Road network ; Path planning ; Dijkstra algorithm

0 引言

随着城市交通的发展, 道路的数目不断增加, 道路网络越来越复杂。同时, 交通管理也日趋复杂, 如在道路上根据预计的交通流设置单行、禁行限制, 动态交通信息的发布有力地促进了交通合理分流, 提高了交通的安全和效率。

在路网中选择最优路径并按最优路径行驶, 是旅行者的最佳选择。然而交通堵塞的发生, 以及交通限制信息的存在, 对选择最优路径造成困难。车辆如果能够有这样的道路网络找到从起点到目的的最优路径, 则不仅节省了燃油和时间, 而且可以从宏观上改善交通状况, 减少或者避免交通堵塞。基于此目的,

本文首先讨论了具有交通限制约束的道路网络模型, 然后给出了一种考虑了静态和动态交通限制信息的最优路径算法。

1 道路网络的模型

道路网络中存在两类基本要素: 结点和路段。图 1 所示的是一个典型的具有 5 个结点和 6 条路段的道路网络 G。

在图 1 中, 结点用圆圈表示, 圆圈内的数字表示结点的序号; 路段用两个结点之间的连线表示, 路段旁边的数字表示路段的长度。道路网络采用邻接矩阵也可以采用邻接表表示。图 1 中道路网络 G 的邻接表如图 2 所示。

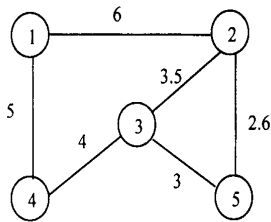


图 1 道路网络 G 示意图

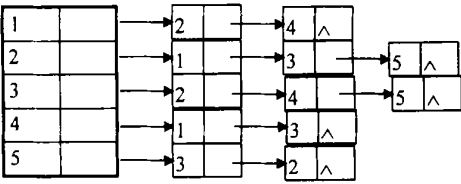


图 2 道路网络 G 的邻接表

道路网络中存在两类交通限制信息：第一类是动态的交通限制信息，例如发生在路段上的交通堵塞，其特点是随时间变化较快；第二类是静态的交通限制信息，例如设置在结点处的禁止通行标志，其特点是随时间变化较慢。

为了表示路段的交通拥堵状况，给路段要素增加一个加权系数属性，并将路段长度与加权系数的乘积称为路段的加权长度。路段的交通越堵塞，此路段的加权系数越大，对应路段的加权长度也越长。用路段的加权长度表示车辆通过此路段的时间。

结点交通限制信息主要指结点的禁行标志，用结点的禁行标志表描述。如图 3 所示，如果从结点 1 驶向结点 2 时，在结点 2 处禁止左转弯，这就意味着禁止从结点 1 经过结点 2 进入结点 5。所以，对于该禁行标志就可以通过在结点 2 处加入一个点对 1, 5 来表示，1 代表禁行起点的结点序号，5 代表禁行终点的结点序号。实际上，结点 2 处的禁行标志可能不止 1 个，例如从结点 3 驶向结点 2 时，在该处禁止右转弯，于是点对 3, 5 也要加入。这样，结点 2 处的所有禁行点对构成了该结点的禁行标志表如表 1 所示。

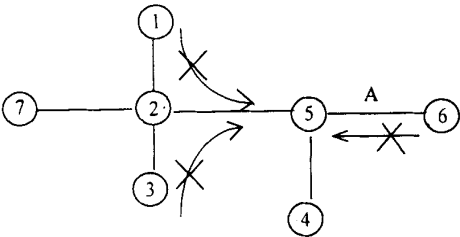


图 3 交通限制信息示意图

结点 2 的交通限制信息表

表 1

1, 5	3, 5
------	------

2 道路网络中的最优路径算法

最优路径是指驾驶员给定了起点和终点之后，系统自动在整个道路网络中按照距离最短或者时间最短寻找一条最优的行车路线。

在整个道路网络中寻找一条起点和终点之间的最短路径的算法是一种经典算法，其最常见的算法是 Dijkstra 算法。

2.1 考虑动态交通限制信息的最优路径算法

前面已用路段的加权长度表示车辆通过此路段所需要的时间，因此最优路径也可以表示为加权长度最短的路径。将 Dijkstra 算法中的长度替换为路径的加权长度，就可求出连接起点和终点的最短路径，也即考虑了动态交通信息的最短路径。算法如下：

设 $G=(V,E,w)$ 为有限权图，其中 V 是其中顶点集合， E 是边的集合， w 是 E 中边 (i,j) 的权的集合，称为该边的长度，记 $w(i,j)$ 。下面求从起点 s 到终点 e 的最短路径。

设 T 是 V 的一个子集，且 s 不属于 T ，记 $S=V-T$ (S 顺序记录着最优路径上的结点)。对 T 中每一个顶点 t ，记 $WL(t)$ 为 s 到 t 的所有路径 (这些路径不包括 T 中其它的任何点) 中加权长度最短的路径的长度， $WL(t)$ 称为 t 关于 s 的指标。若此路径不存在，则令 $WL(t)=\infty$ 。

(1) 对 T 中每一顶点 t ，求 $WL(t)$ 。

(2) 设 m 是 T 中具有关于 s 的指标值最小的顶点，即

$$WL(m)=\min_{t \in T}(WL(t)) \quad (1)$$

(3) 如果 m 就是终点 e ，则结束；否则令 $S'=S \cup \{m\}$ ， $T'=T-\{m\}$

如果 T' 为空，则到 (4)；否则

计算 T' 中每个顶点关于 S' 的指标

$$WL'(m)=\min_{t \in T'}[WL(t), WL(m)+w(m,t)] \quad (2)$$

(4) 用 S' 代替 S ， T' 代替 T ，重复 (1) 的操作，直至 m 到达 e 为止。

(5) 声明 s 到 e 不存在最短路径。

2.2 考虑静态交通限制信息的最优路径算法

可以知道，结点的禁止通行标志涉及到此结点的前一个结点、此结点本身和下一个结点。由于 Dijkstra 算法没有考虑前后结点的相关性，而不能适用于存在静态交通限制信息的道路网络。

步骤 1) 中 $WL(t)$ 的取值变为：查看 s 的禁行标志表，如果是从 t 到 s 的单行线，则返回无穷大；否

则返回路段的加权长度值。

步骤 2) 中 $w(m,t)$ 的取值为: 查看 m 的禁行标志表, 如果 m 没有设置任何禁行标志, 则返回路段的加权长度。如果设置了禁行标志, 则因为 m 是已经求出了最优路径的结点, 则求出最优路径上 m 的前一个结点 nf 。如果禁止从 nf 经过 m 到达 t 则返回无穷大, 否则返回路段的加权长度。

这样, 就可以在道路网络中存在静态和动态的交通限制信息时寻找最优路径。我们将这种改进后的算法称为基本寻路算法。

2.3 关节点对最优路径的影响

如果所有从 s 到 e 的路径都经过某个结点 c , 则将这样的结点 c 称之为关节点。如果在关节点 c 处设置了禁止通行标志, 并且在从 s 到 c 的最优路径上, c 的前一个结点恰好是禁止通行标志的起点, 则基本寻路算法会失效。

在实际的道路网络中, 由于关节点处的交通非常拥挤, 为了改善关节点处的道路状况, 一般情况下不会在关节点处设置禁止通行标志。但是为了实现最优路径算法的完整性, 仍然需要对算法作进一步改进, 实现这种情况下的寻路。

步骤 1) $WL(t)$ 的取值变为: 查看 s 的禁行标志表, 如果是从 s 到 t 的单行线, 则返回无穷大; 如果 s 是 t 处所设置的禁行标志的起点, 则返回无穷大; 否则返回的路段加权长度值。

步骤 2) $w(m,t)$ 的取值变为: 查看 m 结点的禁行标志表, 如果 m 结点和 t 结点都没有设置任何禁行标志, 则返回路段的加权长度; 如果 m 结点设置了禁行标志, 则因为 m 是已经求出了最优路径的结

点, 则求出 m 的前一个结点设为 nf 。如果禁止从 nf 经过 m 到达 t 则返回无穷大; 查看 t 结点的禁行标志表, 如果 t 结点设置了禁行标志并且 m 结点恰好是禁行标志的起点则返回无穷大; 其他情况则返回路段的加权长度。

这样改进的算法我们称之为扩展寻路算法。实际的寻路算法为: 首先应用基本寻路算法, 如果找到了最优路径则成功返回。否则应用扩展寻路算法, 如果找到了最优路径则成功返回, 否则返回没有找到最优路径的出错信息。

3 结束语

清华大学汽车研究所开发了一种基于 GPS 的车辆自主导航系统。该系统的路网最优路径规划考虑了静态和动态交通信息, 采用了本文的考虑静态和动态交通限制信息的最优路径算法。在实际行车中分别考虑有禁止通行标志及发生交通堵塞的最优行路表明, 本文所介绍的算法能够较好地模拟实际的静态和动态交通限制信息, 能够避开禁行区和堵塞路段, 从而能够满足实际道路网络规划的需要。

参考文献:

[1] Omar Elsak , Hauptwerk Gmbh , Hildesheim . EVA an Electronic Traffic Pilot for Motorists . SAE 860346; 593—600.
[2] 严尉敏, 吴伟民. 数据结构. 清华大学出版社, 1998.
[3] 谭国真译, 赵亦林著. 车辆定位与导航系统. 电子工业出版社, 1998.
[4] 邹旭东, 基于 GPS 的车辆自主导航研究. 清华大学硕士学位论文, 1999.

(上接第 81 页) 部分出行取消。这些间接经济损失与服务中断的时间及单位用户损失成本有关。单位时间用户损失成本一般与桥梁的功能及其他可替代路线的可用性有关。本文根据用户成本的构成, 通过建立交通需求及分配模型进行单位用户成本的评估。并根据灾害发生概率及相应后果对灾害进行了风险评估。进而可根据风险程度及减灾措施的效益成本比评价减灾措施的可行性。

参考文献:

[1] Erica Dalziel , Alan Nicholson .Risk and Impact of Natural Hazards on

Road Network Journal of Transportation [J] , 2001, 127 (2) : 159—166.
[2] Brent Baker , Richard Miller .Economic Evaluation of Bridge Seismic Retrofit Improvements Transportation Research Record 1732, 2000; 80—90.
[3] McCubbin D , et al .The Social Cost of the Health Effects of Motor Vehicle Air Pollution .Report 11, The Annualized Social Cost of Motor Vehicle Use in the United States , Institute of Transportation Studies , University of California , Davis , 1996.