

公交线路中最优路线的查询算法设计

王朝晖, 杨 洁

(江苏省测绘工程院, 江苏 南京 210013)

摘 要 在一个公共交通网络中寻找两个结点间的一条最佳路径, 使之换车次数最少。利用 GIS 地理分析的特性, 设计了合乎乘客心理的最优路线查询算法。本算法是基于广度优先搜索提出公交线路最短路径选择的算法。该算法对图的搜索方法提出了一个新的思路, 经模拟试验, 算法简单合理, 运算速度快, 容易在计算机上实现。

关键词 广度优先遍历 最优路线 数据库 地理信息系统

0 引言

在智能交通系统中利用 GIS、GPS 等技术在地球范围内已是一种趋势。网络分析中最基本最关键的问题是最短路径问题。

本文着重讨论交通系统中的最优路线查询。在这里, 最优并不意味着最短。最优路线是指在通达出行者出行目的的多条线路中, 能最好的满足出行者愿望的线路, 即是出行效用最大的线路。

1 数据分析与组织

对城市公交线路进行最优路径分析, 需要将现实中的城市公交网络实体抽象化为网络图论中的网络图, 然后通过图论中的网络分析理论来实现道路网络的最优路径分析。

1.1 基础数据

在交通网络分析中, 所需要的实用数据如下:

1.1.1 道路网的空间信息 道路网的空间数据由一系列的结点以及连接这些结点的曲线构成。这里的结点既包括道路中的站点, 也包括道路的交叉点。这种简单的数据源在对道路网的分析应用非常重要, 如寻求道路网的最佳路径等。

1.1.2 道路网的空间信息拓扑结构 在组织数据时, 应存储道路网络的拓扑结构, 比如在一个道路交叉点处, 究竟有哪些道路在此交汇; 一条道路究竟与哪些道路相连等。有了道路网的这些空间拓扑结构信息, 在进行道路网的最优路径计算时, 会大大缩小道路网的搜索范围, 从而提高运算速度。

1.1.3 道路的属性 是指对道路特征的描述, 如道路的名称、道路的等级、道路是否为单行道等。

1.2 公交网络的特点

城市道路网络中的道路交叉点连接着与该路口

连通的多条路段, 而两路公交线路的站点在同一点时, 同路公路路段之间的连通性和不同公交线路的连通性是有差别的, 这是因为两路不同公交线路在空间上的同一站点的连通, 要换车而增加了时间消耗。另外多条公交线路虽然可以相交于空间上的同一个点, 但是该点不一定是公交停靠站点, 或者不是同时有站点, 因而不同公交线路在此是不连通的。

虽然不同的公交线路在行程上有重叠, 但是各自的站点不可能是完全的几何重叠, 因而要做有效的站点间叠加分析。这就要求相对应的网络图上不同属性的边在节点上的连通。在公交网络叠加分析时, 要求把空间上相近的异线站点合理抽象成图上的相关节点, 来模拟不同公交线之间的可换车情况。节点抽象是公交网络抽象的关键。

1.3 城市道路网的地图表示和网络拓扑结构的提取

GIS 中的矢量地图是按图层组织的, 针对图层组织的特点, 将城市道路网单独作为一个图层处理, 称之为道路层。由于在最优路线分析时, 用户往往关心的只是街道的相关信息, 因此在将实际的城市道路网转化到地图的图层中时, 只将各条街道作为线对象保存在图层中。至于街道的属性数据和交叉路口的坐标信息, 各 GIS 软件均提供了相应的数据交换文件, 以用于空间数据和属性数据的数据交换。如 MapInfo 的 .MIF 和 .MID 文件, ArcInfo 的 shapefile 文件等。在以下的讨论中, 仅针对 MapInfo 的文件结构进行讨论。

1.4 数据组织

在 MapInfo 中, 每个图层均有其对应的属性数据表结构文件 (.TAB)。该文件定义了图层中空间对象的属性数据的表结构, 包括字段数、字段名称、

字段类型和字段宽度等, 另外还指出索引字段及一些用于显示的参数设置等。因此在道路层的属性数据表结构文件中定义街道的属性信息字段如下:

街道 ID	街道名称	正向权值	反向权值
-------	------	------	------

表 1 街道的属性信息字段

其中, 街道 ID 是道路唯一的标识号; 街道名称是道路的物理名称; 街道的正向、反向权值是不同方向上道路的权值, 其方向是由地图绘制的方向确定。MapInfo 对地图中的每一图层可以生成一种交换格式文件, 它将地图空间数据与属性数据用文字的方式表示了出来。交换格式文件包含有两类文件, 其中, MIF 文件主要包含了空间数据, 指明了地图的坐标系、属性表结构、地图对象的类型和地理坐标信息等。MID 文件则详细描述了各地图对象的属性信息, 它的记录排列顺序与 MIF 文件中空间对象的排列顺序一致。在 MIF 文件中, 均记录了图层中的每一个线对象的起点和终点的经纬度坐标。因此可以直接从 MIF 文件中提取出各结点的坐标信息, 并对各结点编号, 生成结点表; 同时从 MID 文件中提取各街道的属性数据, 生成弧段表。结点表和弧段表一起作为拓扑文件表达了网络的拓扑结构。当地图更新时, 只需重新生成结点表和弧段表, 就能从中提取出网络的拓扑结构, 并用适当的数据结构来表示。

2 算法设计

2.1 公交最优路线判断标准的确定

在文献 [1, 2] 中所提出的公交最优路线算法的判断标准具有其合理性。但是对于乘客心理的结合考虑不足。结合以上文献, 提出了以“步行”、“换乘次数最少”、“所经过公交站点最少”相结合的判断标准。此标准主要根据公交路网所具有的特定的地理分布特性提出的。

考虑到一些对城市内公交线路不太熟悉的居民以及外地游客, 利用 GIS 所具有的地理分析特性, 将“步行分析”加入其中, 乘客所选择的起点和终点直线距离小于 300m 时, 进行“步行分析”确定起点和终点之间是否存在合适的道路, 如果存在则建议乘客步行前往; 或者为了满足乘客想转乘次数少的心理, 通过“步行分析”确定换乘点离终点存在合适的步行路线时, 也可以建议乘客步行。例如: 起点 A

与终点 B 之间的直线距离是 260m, 但是之间却没有直达的公交车, 如果按照文献 [1, 2] 中的算法计算则要转车。利用 GIS 对起点 A 所接近的道路和终点 B 所接近的道路进行分析, 计算出起点 A 与终点 B 之间是否存在合适的道路可以步行, 并根据道路的地理特性计算出步行距离, 如果步行距离在 300m 以内, 则建议乘客步行。

2.2 Dijkstra 算法不适合公交最优路径查询

Dijkstra 算法是目前解决最短路径问题采用的理论基础。该算法基于图论中的网络图模型, 用标号的方法不仅求出从 v_1 到 v_n 的最短路径, 最后所得到的实际上是从 v_1 到其它各个节点的最短路径, 所以在求解时, 都有可能并准备搜索所有的网络节点, 其算法的时间花费为 $O(N^2)$ 。由此可看出, 在实际网络模型的节点数 N 较大情况下, 算法的计算时间成倍甚至幂次增长, 很难满足实际运算的需要。

在公交查询中要求的是从某点到另一点的最优路径, 而 Dijkstra 算法求出的是从某点到其余各点的最短路径, 而在一个城市里站点少则几百个, 多则上千, 也增加了程序的复杂性。用 Dijkstra 算法计算公交路线最短路径, 在大数据量的情况下, 计算速度比较慢。系统设计中公交转车的查询必须在较短时间内完成, 这一点用 Dijkstra 算法难以实现。

而且用 Dijkstra 算法求出的最短路径在一般情况下不一定适合公交路径。因为据统计乘客出行要以最短的时间到达目的地, 首先考虑的是转车次数的多少, 其次考虑的才是路径的长度。而用 Dijkstra 算法算出来的结果可能是, 从 A 站到 B 站需要转几次甚至十几次车才能到达, 这样的计算结果是没有意义的。

2.3 基于广度优先算法的最优路线求法

在一个城市中, 所有站点是通过公交线路联结在一起的, 可以将整个城市的所有站点看作是一个连通图上的点。从任一站点出发, 经过有限次转车一定可以到达另一个站点。考虑到实用性, 规定一个转车上限, 因为超过一定次数的转车基本上没有乘客会选用。

欲查找从起始站点 A 到目的站点 B 的最优路径, 可以从 A 点出发, 以公交车路线为基础进行广度优先搜索, 到 B 站点即告终止。找到 B 站点时, 一定是转车次数最少的。假定从 A 站到 B 站的乘车次数上限为 3 次, 查找 A 站到 B 站最优路径的具体步骤如下:

(1) 如果 $|A - B| < d$ (原则上, d 在 300m 左右), 则进行步行分析, 如果存在合适的步行路线则建议乘客步行。

(2) 经过站点 A 的所有车的集合为 PASS-A, 经过站点 B 的所有车的集合为 PASS-B, 如果 $PASS-A \cap PASS-B \neq \Phi$, 则找出此交集, 即乘一次车即可到达, 如图 1 所示。

若可以一次到达, 则计算出 A、B 之间公交站点最少的线路为最优路线, 算法结束。

b. 否则转(3)。

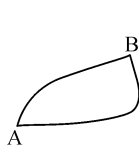


图1 直接到达

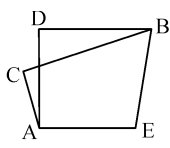


图2 换乘一次

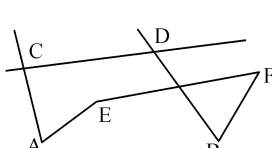


图3 换乘两次

(3) 找出 PASS-A 中车的所有能转乘车次的集合 PASS-A', (假设共有 n_1 车次) 如果 $PASS-A' \cap PASS-B \neq \Phi$, 则找出此交集, 并按顺序找出这个交集的车由哪些车转来。即知经一次转车即可到达目的站点, 如图 2 所示, C、D、E 均为换乘车站。

集合 PASS-A' 的确定方法:

令 PASS-A_i 为经过站点 A 的第 i 辆车次① 将集合 PASS-A' 置为空。"求出 PASS-A_i 所经过的除去 A 站点外的所有站点集合 Station-A_i, 假设共有 n_2 车次。(其中 $i=0, 1, 2, \dots, n_1$) ③ 求出经过站点 Station-A_{ij} 的所有车次, 则得到线路集合 PASS-Station-A_{ij}。(其中 $j=0, 1, 2, \dots, n_2$), 并将 PASS-Station-A_{ij} 加入到 PASS-A' 中。"反复③步骤, 直到 $j=n_2$ 。⑤反复③、④步骤, 直到 $i=n_1$ 。

a. 若可以经一次转车到达, 则计算出 A、B 之间公交站点最少的线路, 认为其是最优路线;

b. 否则转到(4)。

(4) 找出 PASS-A' 中车的所有能转乘车次的集合 PASS-A'' (集合 PASS-A' 求法同 PASS-A'), 如果 $PASS-A'' \cap PASS-B \neq \Phi$, 则找出此交集, 并按顺序找出这个交集的车由哪些车转来。即知经两次转车即可到达目的站点, 如上图 3 所示, C、E 为第一次换乘车站, D、F 为第二次换乘车站, 算法结束。否则无符合条件方案。

按此算法求出的路线一定是转车次数最少的方案, 然后再根据实时的信息, 如发车情况、公共汽车的行驶情况、车中乘客数量、总的行车距离、是否堵

车等情况为乘客选出最优的几个方案。

假设起点为 A, 终点为 B。定义两个动态集合(数组): S(A) 表示过 A 站的所有公交车次, S(B) 表示过 B 站的所有公交车次。定义一个返回车次 BUS, 代表查询的最优结果车次。以下为简略的流程:

//初始化

int BUS=0;

采用 do..... while 循环控制整个过程

do

{

if (distance (AB)> 300)

{

if(S(A) ∪ S(B) != empty)

{

S(AB) 为既过 A 站, 也过 B 站的车次集合;

S(AB)=S(A) ∪ S(B);

Bus[0] Bus[n] 为 S(AB) 中的元素;

求 Bus[0] Bus[n] 中 A, B 站间的站数;

取 A, B 站间的站数最少的那一个 Bus[i];

BUS=i;

}

else

{

过 A 站的所有车次 S(A) 中有: Bus[0] Bus[n];

Bus[0] 过: Bus[0][0], Bus[0][1] Bus[0][n];

Bus[1] 过: Bus[1][0], Bus[1][1] Bus[1][n];

.....

Bus[n] 过: Bus[n][0], Bus[n][1] Bus[n][n];

找出过所有 Bus[0][0] Bus[n][n] 站的车次的集

合 S(C);

S(A)=S(C);

}

}

else

{

AfxMessageBox ("距离小于 300m, 步行即可到达");

}

}

while(BUS==0);

3 试验与结论

3.1 试验与结果

本文采用武汉市公交站点为数据源。系统的实现用 VB 结合 Access 2000 数据库以及 MapX 来完成。VB 主要用来完成界面部分, 用于输入输出起点、终点及其他控制信息以及接收并显示从 Access 2000 中输出的结果。主要的工作在后台数据库中用存储过程来完成, 当从前台接收到起始站点及目的站点后, 完成路径的选择, 选择好路径后输出到前

台由 VB 负责显示查询的结果。这样的好处是功能分明,又避免了大量的数据输入输出。

以下是最优路径查询系统的几个界面:

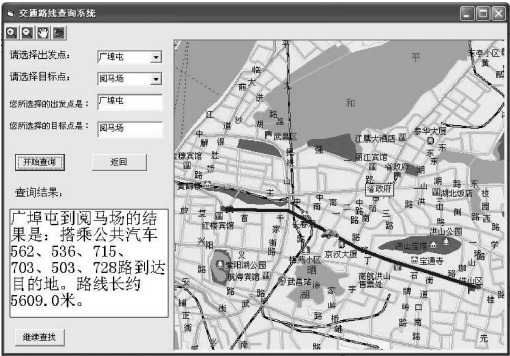


图 4 查询结果



图 5 查询结果(换乘)

3.2 文中不足及可做的进一步研究

对乘客的乘车心理统一按照一种思路考虑,这种方法可能并不能使所有的用户满意,因此进一步

研究即要设计出合乎不同用户乘车心理的路线选择标准;随着先进的交通信息技术的进入,在乘客的路径选择标准以及算法中要融入时间因素、多车道问题、道路立交、多交通方式下实时路线查询等,设计考虑最短出行时间的公交最优路线,以及起点与终点间多条优化路线的算法是将来的一个研究方向。

4 结 语

目前交通 GIS 发展所存在的一些问题不是相互独立的,而是彼此关联的。充分利用 GIS 对空间信息的管理能力和生动形象的图形表现形式,结合交通系统的具体特点,开发适合现代交通发展需要的 GIS 具有鲜明的实际意义。

参考文献

[1] 杨新苗. 基于 GIS 的公交乘客出行路线选择模型[J] . 东南大学学报, 2000, 30(11): 87—91.

[2] 陆振波. 城市公交问路系统 GIS 在城市公交管理中的应用[J] . 公路交通科技, 2001, 18(10): 69—70.

[3] 陆 锋, 卢冬梅, 崔伟宏. 基于四叉堆优先级队列及逆邻接表的改进型 Dijkstra 最短路径算法. 中国图像图形学报, 1999, 4(12): 1039—1045.

[4] 乐 阳, 龚健雅. Dijkstra 最短路径算法的一种高效率实现[J] . 武汉测绘科技大学学报, 1999, 24(3): 209—212.

[5] 罗云启, 罗 毅. 数字化地理信息系统 MapInfo 应用大全[M] . 北京: 希望电子出版社, 2001.

[6] 翁 敏. 公交线路网络分析若干关键技术研究[A] . 武汉测绘科技大学硕士论文[C] . 武汉: 武汉测绘科技大学, 1999, 23—321.