

文章编号: 1005-8451 (2007) 12-0011-03

基于小世界网络的北京市未来公交线网规划方法

姜延辉, 唐祯敏

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 公交线网的合理规划是城市公共交通运输规划的重要组成部分, 对于解决普遍存在的公共交通问题具有非常重要的意义。主要介绍小世界网络的效率理论定义及其在公交理论中的应用方法, 并结合北京市的公共交通现状, 用实例说明其在公交线网规划中的具体应用; 最后给出公交线网规划的流程图。

关键词: 公交线网; 小世界网络; 方法; 规划

中图分类号: TP393

文献标识码: A

Planning method of Beijing future public transit network based on small world network

JIANG Yan-hui, TANG Zhen-min

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The public transit network reasonable planning was an important part in the urban transit planning, and it had much significance to resolve the existence transit problems. It was mainly introduced the efficiency definition of small world network and its application in public transit planning; then, with consideration of Beijing public transit status, gave an example to explain the application in public transit planning; at the end of this paper grae a public transit planning flowchart.

Key words: public transit network; small world network; method; planning

“城市要发展, 公交要先行”这句话已被世界各国大城市的发展经验所证明, 一个城市要发展, 必须对公共交通系统进行合理的规划。本文正是基于这一实际需要, 对北京市公交线网的规划提出了一种基于小世界网络^[1]的公交线网规划方法。

1 小世界网络定义

通常所指的网络可以用图来表示, 图的组成要素是结点和弧段, 定义两个图指标, 平均路径长度 L 和聚类系数 C 。指标平均路径长度 L 定义为在任意两个网络图结点之间的最短路径的平均值。所谓最短路径就是在给定的网络中, 为了连通两个结点, 所需要的遍历的最少弧段数。聚类系数 C 定义如下: 网络中任意一个结点 v , 将和结点 v 所关联的所有结点组成一个子网络, C_v 是这个子网络中的弧段数与子网络中的所有可能弧段数的比值, 而 C 则是所有结点 C_v 的平均值。 L 反映网络的整体性能。 L 越小, 网络的可达性就越好; L 越大, 可达性就越差。而 C 反映网络的局部性能。 C 越大, 结点

之间的局部聚合就越强; C 越小, 局部聚合就越弱。

2 小世界网络理论模型的效率定义

假设现在有一个普通的网络, 根据图论和网络知识, 可以用两个矩阵描述它: 关联矩阵 (a_{ij}) 和一阶邻居距离矩阵 (l_{ij}) 。当 i 点与 j 点有边相连时, $a_{ij}=1$, l_{ij} 为他们的实际物理距离。 i 点与 j 点没有边直接相连时, $a_{ij}=0$, $l_{ij}=\infty$, 如图1。

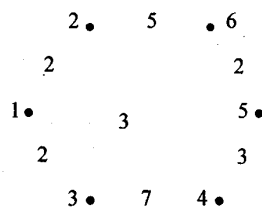


图1 网络连接示意图

此时有关联矩阵和一阶邻居矩阵:

$$(a_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (l_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & \infty & \infty & 4 \\ 2 & 0 & \infty & 3 & \infty & 5 \\ 2 & \infty & 0 & 7 & \infty & \infty \\ \infty & 3 & 7 & 0 & 3 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 3 & 0 & 2 \\ 4 & 5 & \infty & \infty & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

收稿日期: 2007-04-10

作者简介: 姜延辉, 在读硕士研究生; 唐祯敏, 教授。

利用 (a_{ij}) 和 (l_{ij}) ，我们则可以用 bellmen 算法得最短路径矩阵 (d_{ij}) ，且 $d_{ij} \leq l_{ij}$ ，此时 i 点与 j 点之间的效率可以定义成 $E_{ij}=1/d_{ij}$ ， $\forall i, j$ ，若 $d_{ij} = \infty$ ，则 $a_{ij}=0$ 。此时网络的平均传播效率为：

$$E(G)=[1/(N-1)]\sum 1/d_{ij} \tag{1}$$

在理想状态下有： $d_{ij}=l_{ij}$

$$E_{Max}=E(G(N,N-1)/2)=[1/(N(N-1))]\sum 1/l_{ij} \tag{2}$$

由数学证明，当 N 趋向于无穷大时， $l_{ij} \geq 1/[N(N-1)]$ ，即 $E_{Max} \leq 1$ ，因此， $0 \leq E(G) \leq 1$ 。因为 E(G) 表示的是整个网络中所有的点同时传递消息的效率，因此，称之为全局效率^[2] E_{globe} 。从效率的定义我们可以直观的看出，E 越接近 1 越好。

但是在实际网络中，网络并不是时时都畅通无阻的，总会发生一条路堵塞或一个交通站点瘫痪，此时我们定义另一个参数来描述网络的效率，局部效率^[3] $E_{globe}=1/N \sum E(G_i)$ ，这时， G_i 代表网络中 i 点去掉之后剩余的子图传播消息的全局效率。局部效率描绘了网络中消息流通的容错性，即一个节点瘫痪或线路堵塞时候网络的运行效率。在公交线网规划中，将每一个公交站点设为一个节点来建立关联矩阵和距离矩阵，进而来分析网络的效率。

3 实例计算

本实例通过小世界网络效率理论对北京市现在运行的地铁、快速公交线路及 2008 年将投入运营的地铁和快速公交线路组成的网络进行分析，从而来说明小世界网络在公交规划中的应用。

到 2008 年北京市将有轨道交通 1、2、4、5、8、9、10、13、亦庄轻轨线路及快速公交南中轴线、安立路线和朝阳路线投入使用，将这些站点组成网络来建立距离矩阵进行分析。经计算总共有站点 186 个，建立一个 186 阶的距离矩阵，当 $a_{ij}=1$ 时 $l_{ij}=c(m)$ 为他们的实际物理距离；当 $a_{ij}=0$ 时 $l_{ij}=10\,000(m)$ (因 $10\,000 > c$ 可视为无穷大)，用 bellman 算法得到最小距离矩阵并算得全局效率和局部效率如表 1。

表 1 全局和局部效率表

	E_{globe}	E_{local}
北京	0.1176	0.1564

从数据中得到，该网络的全局效率和局部效率都较低，说明全网传输效率低，网络的容错性差，若某个站点发生故障，则整个交通网络趋于瘫痪。但

是发现，若整个快速网络与常规公交网络组合在一起，则有较高的全局效率和局部效率。这也符合实际的交通状况，当快速网络发生故障时，人们改乘常规公交，并不会因此而延误时间。由此我们可以看到，只要提高网络的全局效率和局部效率就能到达提高整个网络效率的目的。

4 应用推广

小世界网络的效率算法最主要的就是交通距离矩阵和最小距离矩阵的求取，其中的交通矩阵可由实际规划的站间距来获得，而最小距离矩阵用 bellman 算法通过 MATLAB 很容易得到。

我们在实际应用中可以把北京市公交网络抽象成如下的描述：

- (1) 把每个不同的公交站看作是网络中不同的结点；
- (2) 如果从一个公交站至少能找到一条公交线路能够直达另外一个公交站，那么这两个公交站对应的网络结点之间就有弧段相连；
- (3) 弧段带有权重，其权重值可以看作从一个站点到另外一个站点距离；
- (4) 网络应该是完全连通的。如果不是，则存在着这么两个站，从一个站出发无法通过乘坐公交车到达另外一个站，显然这是不符合实际的。

通过以上描述，可以将北京市的公交网络（包括轨道交通、快速公交和常规交通）抽象为一个无向网络带权图：站点是图中的结点，如果至少有一辆车能够中途不停顿地从一个车站到达另一个车站，那么这两个车站对应的结点之间就有弧段相连，弧段的权重表示两个站之间的距离。以此就可以构成一个无向的网络带权图，进而可求出交通距离矩阵和最小距离矩阵。

在实际的计算当中可能线网规模比较大，站点多，建立矩阵和计算比较困难，可以采用分块的方式，将城市划分成合适的区域进行分析计算即可简化问题并得到较好的结果。

5 北京市公交线网规划的具体实现步骤

公交线网规划是个逐步规划全局优化的系统工程，要遵循一定的流程才能更好的完成设计目标，下面是北京市公交线网规划的流程图，其中图中虚

文章编号: 1005-8451 (2007) 12-0013-04

广铁集团电话订票系统的设计与实现

张南飞

(广铁集团 信息技术处, 广州 510088)

摘要: 在广铁集团电话订票系统是在广铁集团现有信息系统的基础上, 借助铁路的数据传输网, 实现基于电话语音、手机短信、互联网等多种接入模式的旅客实时信息服务系统。重点介绍系统的总体结构、自动语音流程、功能设计、关键技术和应用效果等。

关键词: 电话订票系统; 自动语音流程; 电话语音; 手机短信; 信息服务系统

中图分类号: U284.55 文献标识码: A

Design and implementation of Telephone Reserving System of Guangzhou
Railway Group Corporation

ZHANG Nan-fei

(Electronic Computer Center of Guangzhou Railway Group Corporation, Guangzhou 510088, China)

Abstract: It was introduced by the Guangzhou Railway Group Telephone Reserving System in the Existing Information Systems of Guangzhou Railway Group on the basis of the data transmission using the railway network, based on telephone, cell phone text message, Internet and other Visitors Access Real-time Information Model Service System. It was focused on the overall structure of the System, automatic voice processes, functional design, and applied effect of key technologies etc.

Key words: Telephone Reserving System; automatic voice processes; voice-based telephone; cell phone text message; Information Service System

广铁集团为提升客运服务水平, 方便旅客购

票, 缓解高峰期窗口售票压力, 经报请铁道部批准, 与铁科院电子所、深圳永达公司等单位合作, 共同开发了广铁集团电话订票系统。该系统利用计算机

收稿日期: 2007-06-04
作者简介: 张南飞, 高级工程师。

线部分指出了小世界网络理论的应用。
流程图如图 2。

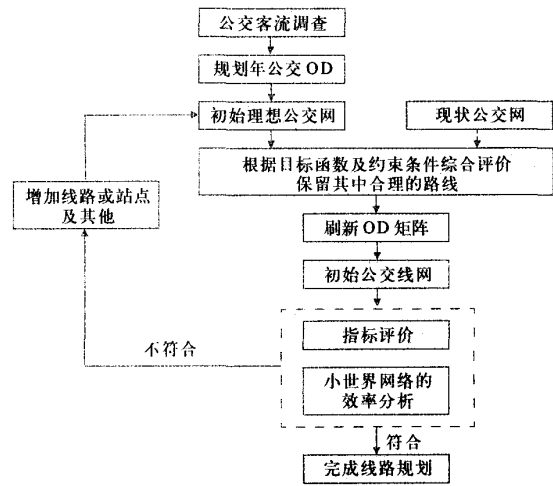


图2 规划流程图

6 结束语

本文探讨了小世界网络在公交线网规划中的应用方法, 众所周知, 北京市的公交线网一直存在着很多问题, 合理规划公交网络是一个待解决的问题; 而小世界网络的效率特性非常适合于对公交网络进行分析, 因此, 将小世界网络效率理论应用到公交线网规划中能取得较好的规划成果。

参考文献:

[1] 王 斌. 小世界网络理论在: 交通网络中的应用研究[J]. 南京大学学报, 2003, (6): 5-22.
[2] M.E.J.Newman and D.J.Watts. Scaling and percolation in the small world network model [J]. Phys.Rec, 33:103-180, 199.7
[3] 高自友, 毛保华. 交通运输网络复杂性及其相关问题的研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005, 5 (2): 79-84.