

# 一种面向对象的多层次公交数据模型

黄正东<sup>1</sup> 于 卓<sup>1</sup> 汪 斌<sup>1</sup>

(1 武汉大学城市设计学院,武汉市东湖南路 8 号,430072)

**摘 要:**基于面向对象的建模工具,设计了满足复杂环境需求的多层次公交数据模型。该模型将公共交通实体纳入一个三层的统一体系,能够满足公交系统多尺度的应用需求。

**关键词:**数据模型;公共交通;多层次;UML

**中图法分类号:**P208

先进的公共交通系统(APTS)是智能交通系统(ITS)的重要组成部分,主要目标是提高公共交通系统的效率和安全,为决策者提供翔实可靠的决策依据,并尽可能向公交系统使用者提供系统运行信息。已有的公共交通数据模型来源于三类不同的角度:第一类将公交实体纳入整个交通系统的体系之中<sup>[1-3]</sup>;第二类以 ArcGIS 为基础研究实用的交通数据模型,这些模型中都包括公共交通模型模块<sup>[4,5]</sup>;第三类为面向某一明确目标的公交数据模型,包括面向动态出行计划的数据模型和面向公交数据管理的数据模型<sup>[6-8]</sup>。这些数据模型都包括了交通及公交实体要素,并且建立了实体间的关联关系,但是,这些模型没有专门针对以地面公交为主体的城市进行设计,不能完全反映这些城市中复杂的公交实体关系,因此,需要构建一种集成的、反映多个空间层次的数据模型。本文提出了一个多层次的公共交通数据模型体系,结合我国大城市的复杂公共交通状况对模型的层次、空间、时态等特征进行了全面的分析。

## 1 城市公共交通多层次数据模型

公共交通包含一系列的任务需求,如公交线路规划、设施管理、公交运行管理与调度、出行指南等。这些任务作用于不同的空间层次上,要求对公交要素进行适当的表达。多层次公交数据模型的提出是基于以下两个主要的目标:① 描述复

杂的公交系统结构,特别是我国大城市环境下的公共汽车系统;② 在此基础上,满足各层次城市公交系统的应用需求,包括公交规划、管理与维护、公交出行指导。

三层公交数据模型以非空间对象、空间要素和网络为元素,构成了语义层次、虚拟层次和有向层次(图 1)。在三个层次中,公交线路和公交站点是最基本的要素,而公交网络则可以在三个层次中分别构成。但在所有三个层次中,都需要定义线路与站点的关联关系,这种关联关系的基本形式是线路-站点对象类,关联类的属性根据需要进行添加。在实际应用中,除了各层内部的线路-站点关系外,有向线路和虚拟站点也常常需要建立关联,即为跨层次关联。

## 2 模型分析

### 2.1 公交站点与公交网络

结点特征要素和边特征要素是构建空间网络的基本元素。对于道路网,道路交叉口是结点特征要素,道路段是边特征要素。在公交数据模型的虚拟层和有向层都设计了公交网络,其中站点是构成公交网络的结点特征要素,同时定义了线路段作为边特征要素。

由于公交线路的特殊空间特征,线路段的定义与普通网络边存在较大的不同。图 2 描述了虚拟层和有向层包含的线路段、站点及其关系。在

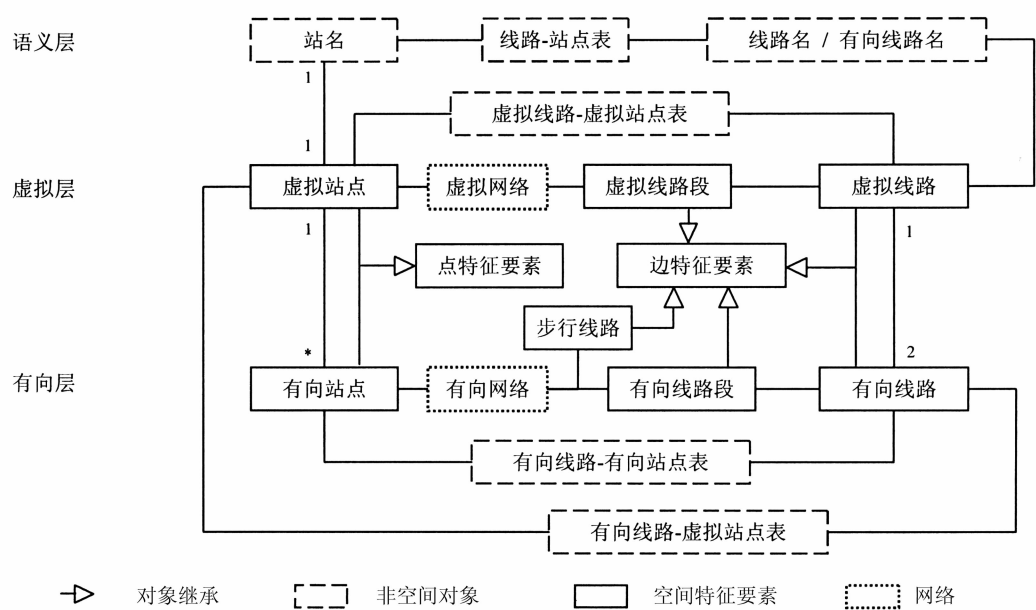


图 1 多层次城市公共交通数据模型

Fig. 1 Multi-tier Data Model for Urban Public Transportation

虚拟层上,虚拟线路段连接虚拟站点,构成虚拟公交网络;在有向层上,由有向线路段和有向站点构成有向公交网络。根据这一定义,各层中的线路段都将存在部分重叠的情况,这在复杂的、由多个有向站点构成的虚拟站点附近尤为明显。线路段的部分重叠在一些 GIS 环境中需要进行空间上的特殊处理,以满足网络拓扑的要求。另外,虚拟线路段是双向的,而有向线路段则是单向的(步行路段除外),由它们构成的公交网络就分别是无向(双向)网络和有向(单向)网络。在多数情况下,这两个公交网络不会同时使用,且它们都可以实时构建。

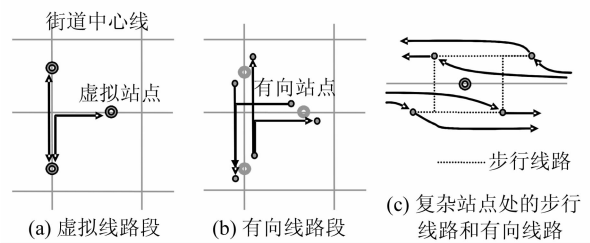


图 2 多层次数据模型中的线路段和站点示例

Fig. 2 Schematic Examples of Route Segments and Stops in Multi-tier Data Model

步行路段是连接两个有向站点的辅助线路段,用于指示公交出行者换乘时的步行线路和方向,同时也参与构建有向公交网络。理论上,步行路段可以定义为任意两个有向站点之间的联系,但在实际应用中,一般只有同一站名(即虚拟站点)下的有向站点之间才可定义步行路段。

2.2 时态要素的处理

公交系统运行具有很强的时态特征,在多层次数据模型的线路-站点对象类中包含了时态信息。一个有向线路-有向站点关联表的属性包括线路标识、出车编号、有向站点标识、每周运行时间段、计划到达时间、实际到达时间等。出车编号是一条公交线路一天中发车的顺序编号,用于标识该条线路的一次运行。有向线路-有向站点关联表中可以对每一次运行到达每一个站点的计划和实际时间进行记载。这个表同时还可以表示大站快车、一周中各天的时间变动等时间信息。结合公交数据模型中的空间实体要素,公交系统运行的时空特征得以体现。时间和空间要素在公交系统的某些应用中十分重要,如基于时间表的公交出行计划、在线估计到达时间、公交运行过程的管理等。同时,如果在线路-站点表中不考虑时态因素,则该站点简化为一个普通的线路-站点表,即仅仅描述公交线路与站点的关联关系。这也表明线路-站点表的属性可根据需要进行定制,既可表示时态因素,也可表示非时态因素。

多层次公交数据模型在各个层次都定义了具有时间特征的线路-站点表,可以存储计划时间表,也可记录实时的到站时间。这种定义方式能够满足大多数情况下的应用需求。

2.3 可扩展性

多层次公交数据模型体系只包含了主要的公交实体要素,而公交系统的运用可能涉及到其他相关的要素。对于公交规划,需要补充的数据项

包括 O-D 矩阵、土地利用、人口结构、交通流量、交通拥挤等;对于公交出行诱导,则需要 O-D 点对、出行时间、最优路线、换乘方案、出行者的个人特征等。这些数据项需要与多层次模型中相关层次的公交实体进行关联。从这个意义上讲,多层次公交数据模型提供了一个构建综合性的大规模公交数据库的良好基础。同时也可以直接从多层次数据模型库中提取公交实体要素,并与专题应用的数据项合并关联,构成目标明确的专题数据库系统。

图 3 是用于详细公交出行指南的一个数据模型例子,其中一部分要素来自多层次公交数据模型(虚拟站点、有向站点、有向线路名、虚拟公交网络等),一部分是公交出行指南相关的其他要素(O/D 点对、旅行线路、换乘表、出行最优路线等)。在此模型体系中,最优公交线路依据虚拟层次的公交网络进行计算,有向线路-有向站点表用于搜索换乘点(包括基于时间表的搜索),有向站点则可以辅助给出换乘指南。

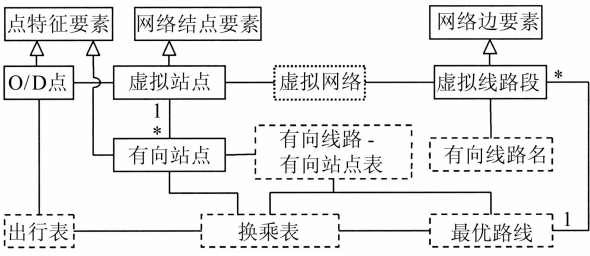


图 3 适用于详细公交出行指南系统的数据模型  
Fig. 3 Data Model Adapted for Detailed Transit Trip Guidance

2.4 与道路的关系

公交数据模型的层次性与城市道路的数据模型的层次性有对应的关系。城市道路一般用道路中心线进行表达。而对于车辆导航、交通工程规划等,道路的车道也需要从空间上确定<sup>[9]</sup>。显然,道路中心线和车道构成了空间上的两个层次。在大多数交通应用中,几何道路网络由道路中心线来构建。如果在交通数据库中加入了车道数据,这些车道即可用于给有向线路和有向站点提供空间参照。城市的公交专用道是这种空间参照的最好实例。

在城市交通管理中,为理顺交通关系,常常采用单行道的方式对交通流进行疏导。单行道可能是固定的,也可能按时间进行限定,或允许公交车辆逆向行驶。单行道的存在导致公交线路的去行和回行路线不重合,即使没有单行道,公交营运机

构也经常设计出不重合的去行与回行路线。在这些情况下,线路的方向性十分重要,不能在虚拟层次进行表达,有向层次则是合适的表达方式。

3 模型的检验

多层次公交模型通过建立原型数据库进行检验,这一过程基于两个工具来实现,即统一模型建模语言(UML)和地理信息系统软件(ArcGIS)。

多层次公交数据模型的设计体系采用面向对象的方法,可以利用 UML 工具自动实现公交原型数据库的构建。ESRI 的 ArcGIS 软件包含了适用于 Visio 系统的 Arc/Info UML 模型模板,利用该模板可以方便地进行数据模型设计,有效检验模型要素及其关系定义的正确性。

Visio 中设计的公交数据模型能够自动地转入应用系统中构成数据库框架,这一过程先由 Visio 根据设计的模型结构生成代码库(repository),再通过 ArcGIS 的计算机辅助软件工程(CASE)工具来生成与设计模型对应的数据库结构。如果在数据库结构生成之后发现遗漏了相关要素,可以重新在 Visio 中进行添加和修改。这种模式大大提高了设计效率。将武汉市的公交数据按照设计的要求输入该数据库,得到一个具有实验数据的原型数据库。原型数据库中包含了所有三个层次的非空间对象及空间要素。由于不同层次的要素之间存在关联,必须在模型设计中建立并控制这些关联关系。如虚拟站点的产生与删除都需要对其控制下的有向站点产生影响,如图 4 中的“珞珈山”虚拟站点由 88、89、288、289、431、432 等 6 个有向站点构成,每个有向站点又与有向线路和站点时间表进行关联。在面向对象的系统中,可以通过编程对各类公交实体增加相关的数据操作方法,如可以在虚拟站点类中定义 addDirStop 方法,当有新的有向站点加入该虚拟站点时,自动给虚拟站点的有关属性赋值。

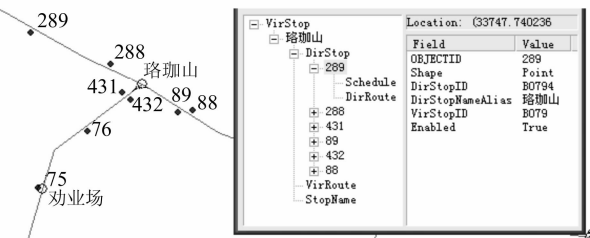


图 4 原型公共交通运输数据库中要素的各种关联  
Fig. 4 Elements and Their Relationships in Prototype Transit Database

根据多层次公交模型的定义,线路段由两个站点之间的线路构成,且线路必须遵循公交车的运行轨迹进行输入。这时,一个站点有多条非重复的公交线路经过,则此站点关联的若干线路段会存在部分重叠,这种情况在有向线路段中更加突出(如图 2 所示)。同时,在数据录入之前,需要建立严格的公交实体间的拓扑规则,以保证低层次公交实体要素的空间位置与高层次公交实体要素的空间位置一致。如虚拟站点和虚拟线路需要沿道路中心线布置,线路段和线路的两端必须连接相应的站点。基于线路段的这种复杂特征,有必要设计专门的程序辅助完成其构建。

4 结 语

多层次公交数据模型完整地表达了满足不同空间层次需求的公交实体要素,尤其适合于以地面公共交通为主体的复杂公共交通系统。实验表明,该模型可以有效地表达复杂公交系统中的实体要素及其关系。同时,多层次的数据模型是一个开放的体系,可以根据具体需要进行调整。需要继续研究的内容包括:① 增强模型中的时态表达,以实现时态运算及推理;② 纳入更多相关的公交要素,构成综合的公共交通数据框架;③ 通过公交领域的实际应用(如公交规划、出行指南),进一步验证多层次公交数据库的有效性和扩展性;④ 研究多维公交实体的表达及操作。

参 考 文 献

[1] Dueker K J, Butler J A. A Geographic Information System Framework for Transportation Data Sharing [J]. Transportation Research Part C, 2000, 8(1): 13-36

[2] 陆锋. 基于特征的城市交通网络非平面数据模型 [J]. 测绘学报, 2000, 29(4): 334-341

[3] Koncz N A, Adams T M. A Data Model for Multi-dimensional Transportation Applications[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2002, 16(6): 551-569

[4] Curtin K, Noronha V, Goodchild M, et al. ArcGIS Transportation Data Model (UNETRANS) [OL]. <http://www.ncgia.ucsb.edu/vital/unetrans/>, 2001

[5] Nielsen O A, Frederiksen R D. Rule-Based, Object-Oriented Modelling of Public Transport Systems: a Description of the Transportation Object Platform[C]. The 9th World Conference on Transportation Research (WCTR), Seoul, South Korea, 2001

[6] Huang Ruihong, Peng Zhongren. Object-Oriented Geographic Information System Data Model for Transit Trip-Planning Systems[J]. Transportation Research Records: Journal of the Transportation Research Board, 2002(1 804): 205-211

[7] Huang Zhengdong. Data Integration for Urban Transport Planning[D]. The Netherlands: Utrecht University, 2003

[8] Trepanier M, Chapleau R. Linking Transit Operational Data to Road Network with a Transportation Object-oriented GIS[J]. URISA Journal, 2001, 13 (2): 23-30

[9] Goodchild M F. Geographic Information Systems and Disaggregate Transportation Modelling[J]. Geographical Systems, 1998, 5(1/2): 19-44

第一作者简介:黄正东,教授,博士。现从事城市信息系统、GIS-T、交通规划等方面的研究。  
E-mail:huangitc@126.com

A Multi-tier Data Model for Urban Public Transportation

HUANG Zhengdong<sup>1</sup> YU Zhuo<sup>1</sup> WANG Bin<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> School of Urban Design, Wuhan University, 8 South Donghu Road, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** A multi-tier, object-oriented data model is developed in response to complex requirements of urban transit system. The multi-tier data model puts transit features under one unified framework, which facilitates multi-scale applications of transit system.

**Key words:** data model; public transport; multi-tier; UML

About the first author: HUANG Zhengdong, professor, Ph. D. He majors in urban information systems, GIS-T and transport planning.  
E-mail: huangitc@126.com