

基于 DXF 数据的建筑物三维建模

张国栋,刘东峰,程 昱,孙粤辉

(广东工业大学 信息工程学院,广东 广州 510006)

摘要:人工构建建筑物三维模型需要专业软件,同时操作复杂、工作量大。为解决这一问题,文中在分析 AutoCAD 建筑平面图 DXF 格式数据的基础上,实现了一套建筑物三维建模方案。该方案首先读取 DXF 文件,接着识别出墙、门、窗等建筑构件,并将构件转换为闭合轮廓,得到整体二维平面数据。经过对闭合轮廓的拉伸操作,建立具有内部空间、拓扑信息的建筑物三维模型。由该方案输出的 VRML 数据已用于虚拟场景漫游应用中。实验结果表明该方案可大幅加快建模速度,输出模型准确,能够为各种应用提供原始三维模型。

关键词:建筑平面图;DXF;三维建模;闭合轮廓;拓扑信息

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)12-0237-04

3D Building Modeling Based on DXF Data

ZHANG Guo-dong, LIU Dong-feng, CHENG Yu, SUN Yue-hui

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

Abstract: Artificial constructing three-dimensional building model requires professional software, with complicated operation and heavy workload. To solve the problem, based on analyzing AutoCAD architecture plan data in DXF format, implement a set of three-dimensional modeling program for building. The program firstly reads DXF file, then recognizes wall, door, window and other building components and converts them to closed contours, getting whole planar data. After the stretching operation on closed contours, the program establishes 3D building models with internal space, topology information. The VRML data, exported by this program, had been used in the virtual scene roaming applications. The result shows that the program would significantly speed up modeling, and output models are accurate, able to provide the original three-dimensional models for various applications.

Key words: architecture plan; DXF; 3D modeling; closed contour; topology information

0 引言

建筑物三维模型广泛应用于房产展示、场景模拟、电磁传播模拟等众多领域中。目前由建筑平面图得到三维模型主要有三种方法:

- 1、人工读懂平面图后,使用三维绘图软件重新绘制三维模型;
- 2、将平面图导入到相关软件中,半自动的绘制三维模型;
- 3、使用建筑图三维重建技术由平面图自动生成三维模型。

前两种方法均需要建模人员了解建筑图纸画法,能够看懂建筑图纸,并且后期建模过程中软件操作复

杂,需要耗费相当数量的人力和时间。低效的人工读图阶段和建模过程成为了许多工作的瓶颈。第三种方法则完全不需要人工去读图,而是由系统自动去完成读图、识别和解析等工作,最后导出三维模型,这将会大大减少建模所需的时间、人力。

目前国内外对建筑图三维重建技术研究有很多。在国外,Karl Tombre 和 Christian Ah-Soon^[1,2]在基于网络约束的建筑图符号识别、建筑图的三维模型重建等方面都有许多研究。Rick Lewist、Seth Teller^[3~5]开发的 BMG 系统读取 DXF 图纸,经过处理得到三维数据,输出为 IV 格式文件。系统首先对 MIT 校园建筑物进行单体三维建模,然后按照校园规划图定位摆放,实现了整个校园的虚拟漫游系统。Sebastien Horna^[6]等人建立几何、拓扑、语义上的一致性约束条件,用于识别各建筑构件,并将 G-maps 拓扑框架应用于建筑物拓扑结构识别中,提高了识别准确度。所得三维模型用于室内光线传播、电磁波辐射仿真等应用。在国内,南京大学蔡士杰、杨若榆^[7~9]等通过扫描建筑图纸,完成建筑图纸矢量化步骤。在此基础上,识别、组装建筑结

收稿日期:2012-03-18;修回日期:2012-06-21

基金项目:广东省教育部产学研结合项目(2009B090300401);广东高校优秀青年创新人才培养计划项目(LYM09069)

作者简介:张国栋(1987-),男,硕士,主要研究方向为三维仿真;刘东峰,教授,主要研究方向为计算几何、三维信息处理及可视化仿真。

构图中的柱、梁、板等建筑构件,建立建筑物框架模型,用于材料用量与工程量计算。他们的工作都是基于构件进行局部识别,无法在对整个工程进行全局分析的基础上进行建筑物三维模型的全局重建。重建的建筑物三维模型只有框架结构,缺少建筑物语义、空间信息,且模型数据无法导出,并无实际应用。此外,国内的其他大学,如华东师范大学^[10]、南京工业大学^[11]、哈尔滨工业大学^[12]等在建筑三维重建系统设计与实现方面也有了一些研究成果。

文中设计并实现了一套建筑物三维重建方案。该方案结合建筑绘图规范提取 AutoCAD 制作的建筑物平面图(DXF 格式)中的各种信息,基于闭合轮廓实现墙体识别、图形修正、门窗构件整合、拉伸等操作,获取拓扑信息,得到三维数据,保存为 WRL 文件,并最终显示 3D 模型。

1 DXF 格式与建筑绘图规范分析

DXF 文件为 ASCII 文本文件,可以用各种文本编辑器打开、修改。其由很多的“组码”和“组值”组成的“数据对”构造而成,“组码”(group code)指定其后组值的类型和用途,其中每个组码和组值必须为单独的一行。如组码 8 表明组值为图层名,组码 10、20、30 表明组值为线段起点 X、Y、Z 坐标值。根据 DXF 文件的这种特点,本方案采用 map、vector 容器来存储原始字符。同时 DXF 文件被分为多个“段”(section),每个段以组码“0”和字符串“SECTION”开头,紧接着是组码“2”和表示段名的字符串(如 HEADER)。段的中间,使用组码和组值定义段中的元素。段的结尾使用组码“0”和字符串“ENDSEC”来定义。DXF2007 共分为 8 段,分别为 HEADER 段、CLASSES 段、OBJECTS 段、TABLES 段、BLOCKS 段、ENTITIES 段、OBJECTS 段、THUMBNAILEDIMAGE 段。其中建筑图纸图形几何信息集中在 BLOCK 段与 ENTITIES 段中,也正是需要处理的段。

在 AutoCAD 建筑图纸绘制中,图层是标准的几何体分类与分组工具。每个图层上都绘制了不同类型的图形对象,并且往往从图层名就可以知道所绘内容。具体到建筑图纸,常用图层名有 wall、window、door 等,而这也反映在 DXF 文件中。本方案中就是采用这些图层名来筛选出 BLOCK 段与 ENTITIES 段中的所需图形对象。如果输入图纸中使用的图层名与本方案中定义的标准图层名不同,调整图层名就可以了。

2 方案实现

2.1 DXF 数据读取

建筑图纸中墙线为由多条 LINE 组成的闭合线段

轮廓,所以要读入墙图层全部 LINE 数据,主要是 LINE 起点与终点坐标值。ENTITIES 段中 INSERT 实体通过图块名来实现图块的插入,所以主要读取门、窗层 INSERT 实体数据中的图块名与图块插入点坐标值,而真正的图块定义则是在 BLOCK 段中。

2.2 二维数据解析

2.2.1 墙闭合轮廓提取

本阶段处理墙体 LINE 组。由于 DXF 文件是以时间顺序来记录图纸信息的,并且图纸绘制中还会对线段组进行修剪、打断、合并等操作,所以第一步中读入的 LINE 组是无序的,以图 1 为例:

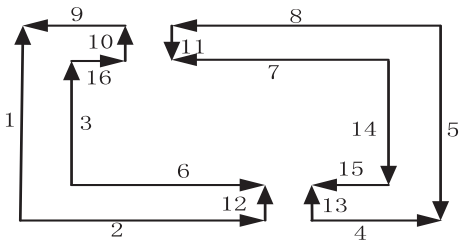


图 1 调整前的墙线组

从图中可以看出,LINE 组处于无序状态,无法得到墙线闭合轮廓。还有从图 1 可以发现每一条 LINE 的起点与终点都会被其它 LINE 所公用,在没有错误出现时,如果从第一条 LINE 沿着一定方向前进,则必然能够回到起点,这样也就找到了墙线闭合轮廓。

根据上述特点,设计闭合轮廓提取算法如下:

(1)读入第一条 LINE,然后在剩余 LINE 中搜索公用终点 LINE。如果此点为第二条 LINE 终点,则需调整第二条线段方向,即交换起点、终点。然后计算两条线段之间叉乘值,若结果为负,则将第一条线段反转,使得轮廓沿逆时针旋转,如图 1 中 LINE1、LINE9。沿逆时针方向是为了拉伸操作后墙体外部可见。

(2)通过第一条 LINE 与第二条 LINE 确定轮廓方向后,沿逆时针方向继续寻找下一条线段,保存在新的线段链表中。

(3)当最后一条 LINE 被找到后,将该闭合轮廓全部 LINE 从原始 LINE 组中删除。如果遍历 LINE 组,轮廓仍未闭合,就要按出错情况处理了。建筑图纸中往往有许多细小、不易察觉的错误,如墙体线段未闭合等等。这在实际工程中可能不会影响工程师之间的交流,但却会严重影响本方案的识别效果,需要进行修正处理。以图 2 为例。

图 2 错误即为墙线轮廓未闭合。当前进到 LINE3 时出现断点,则 LINE1 沿顺时针前进,找到该方向上的断点,即 LINE5 终点。然后计算两断点距离,并设置阈值。如果两断点距离在阈值范围内,则进行修正工作,如右图 LINE4、LINE5。如果距离超出阈值范围,则将该出错轮廓全部 LINE 丢弃。

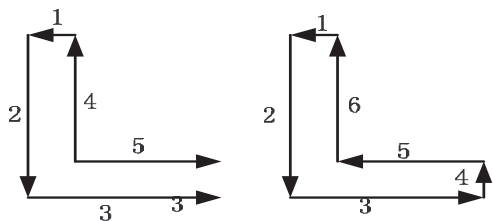


图 2 错误情况及修正示例

(4)重复(1)~(3)直到原始无序 LINE 组为空。

2.2.2 门窗构件整合

建筑平面图中的门、窗等建筑构件以块方式保存。需要注意的是块实体中的坐标值是块局部坐标系中的坐标值。图块定义时要指定图块的基点坐标,即图块局部坐标系原点。先将门、窗等图块转换为闭合轮廓,此时闭合轮廓为只有四条边的矩形。求出矩形四个顶点在图块局部坐标系的坐标值。插入图块时要指定插入点坐标,即将基点移至插入点。此时矩形顶点坐标值是图块局部坐标系坐标值加插入点坐标值,为全局坐标值这样就得到了整体二维平面数据。图纸整体数据如图 3 所示:

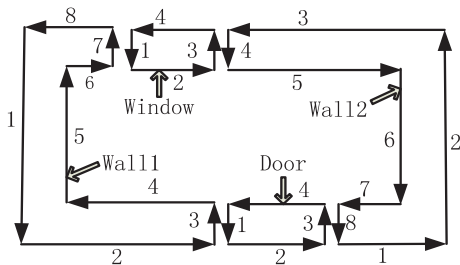


图 3 图纸整体数据

在程序中以 Contour 类为基类,派生出 Wall 类、Window 类、Door 类,用来存储各类构件数据。

2.2.3 拓扑信息获取

在人群疏散模拟等诸多应用中,需要建筑物内部拓扑信息,即室内闭合空间之间的连接关系。而在建筑平面图 DXF 文件中,只记录了各类构件的几何信息,所以需要由程序来完成整张图纸拓扑信息获取工作。

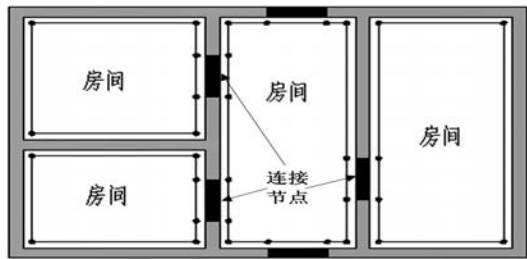


图 4 获取拓扑信息

本方案默认门为室内闭合空间连接节点。类似于寻找墙线闭合轮廓,首先以门的一点为起始点,在墙体闭合轮廓中寻找下一点,当遇到门与墙体公用点时,则改变走向,改为沿门线前进,直到返回起点为止,这样

一个房间的闭合轮廓便找到了。同样由 Contour 类派生 Room 类,用来存储房间数据。当全部房间找到后,用图来存储拓扑信息。获取拓扑信息见图 4。

2.3 拉伸操作

本方案采用自底向上方法实现二维数据到三维数据的转换,其中高度信息由用户指定。在依照实际情况对墙、门、窗等构件进行拉伸操作后,采用边界表示法保存三维形体中的诸多点、线、面数据。其中每个形体都可看作其边界上的一些有界的“面”或“小面片”的集合,而每一个面又可用其边界点和顶点表示,便于图形的显示和输出。同时有利于计算几何特性,也易于同二维绘图软件衔接和表面建模软件相关联。

2.4 三维数据导出

在得到三维形体几何数据后,就可以根据需要将数据保存为各种三维格式文件了。目前本方案已支持 WRL 文件导出。WRL 文件是一种虚拟现实文本格式文件,可以用文本编辑器打开,阅读与修改十分方便,而显示时则需要由 VRML 浏览器打开。VRML 浏览器通常是以插件的形式附着在 Web 浏览器中。

设给定一点 a 的原始坐标为 (x, y, z) , 其 WRL 文件中对应点 A 坐标为 (X, Y, Z) , 则通过矩阵变换

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

这样就得到了 A 点坐标。

3 实验结果分析

本方案开发环境为 Visual Studio2008,开发语言为 C++,显示工具为 VrmI PAD。测试用例为一商品房图纸。该商品房为典型的两室一厅结构,如图 5 所示。

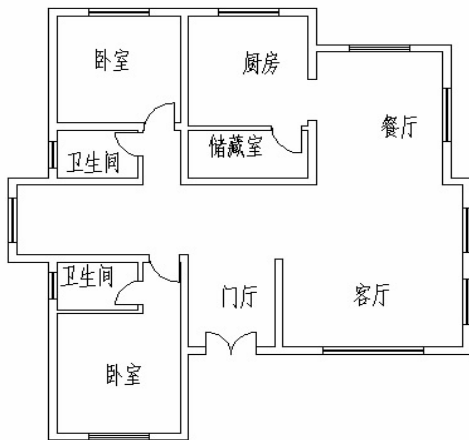


图 5 测试图纸

经过程序解析得到测试图纸各类建筑构件数目:墙 12,门 7,窗 11。程序耗时 2s,输出三维模型如图 6

所示:

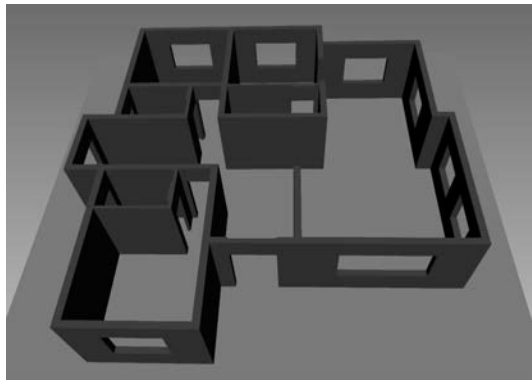


图 6 输出三维模型

经过与测试图纸比对,表明本方案可大幅加快建模速度,构件识别率高,输出模型准确。

4 结束语

人工构建建筑物三维模型费时费力。由建筑平面图纸自动生成三维模型则可以解决这一问题。基于建筑平面图 DXF 数据,文中完成了文件读取、构件识别与三维重建等工作。该方案首先识别各类建筑构件,将它们统一归为闭合轮廓,并由闭合轮廓获取拓扑信息。然后对闭合轮廓进行自底向上的拉伸操作得到三维模型数据,并导出 WRL 文件。实验结果表明该方案能加快建模速度,输出模型准确实用。

参考文献:

[1] Ah-Soon C, Tombre K. Architectural Symbol Recognition U-

sing a Network of Constraints[J]. Recognition Letters, 2001, 22(2): 231-248.

[2] Tombre K, Ah-Soon C, Dosch P, et al. Robust and Off-the-Shelf Methods for Graphics Recognition[J]. ICPR, 1998(1): 406-408.

[3] Lewist R, Sequin C. Generation of 3D building models from 2D architectural plans[J]. Computer - Aided Design, 1998, 30(10): 765-799.

[4] MIT Building Model Generation Project[EB/OL]. 2002. <http://city.csail.mit.edu>.

[5] Kashlev D. Efficient 3D Building Model Generation from 2D Floor Plans[D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2008.

[6] Horna S, Meneveaux D, Damiani G, et al. Consistency constraints and 3D building reconstruction[J]. Computer-Aided Design, 2009, 41(1): 13-27.

[7] 杨华飞, 杨若瑜, 路通, 等. 建筑工程图的解释识别方法[J]. 计算机应用, 2007, 27(9): 2242-2248.

[8] 路通, 杨若瑜, 杨华飞, 等. 三维结构构件渐进式整合与重组方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(4): 491-495.

[9] 胡笛, 杨若瑜, 曹阳, 等. 基于图形理解的建筑结构三维重建技术[J]. 软件学报, 2002, 13(9): 1873-1880.

[10] 张赐, 吴健平. 基于 AE 的校园房产三维 GIS 系统开发与研究[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(2): 215-218.

[11] 袁庆萍. 建筑图三维重建技术研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2005.

[12] 曹家. 建筑图的三维重建系统[D]. 哈尔滨: 工业大学, 2010.

(上接第 236 页)

送距离越远,在配送途中被 3PL 转包的几率和次数越大,配送的及时性无法保证,而且物流成本高,且普遍缺失与 3PL 的议价权。对于如何解决这方面的问题从而在仓储物流角度保持中小电商的轻量型特质,大幅减少其进入和退出行业成本,文中受限于选题和精力没有涉及,但这方面意义重大,是未来的主要工作方向。

参考文献:

[1] Richard D S, Guerra P. Information Technology: Logistics Innovations for the 1990s[C]//Annual Conference Proceedings. [s. l.]: [s. n.], 1991: 247-248.

[2] Ballou R H. 企业物流管理: 供应链的规划、组织和控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[3] Azar Y, Feder M, Lubetzky E. The Multicast Bandwidth Advantage in Serving a Web Site[J]. Computer Science, 2003, 2233: 180-188.

[4] 喻莉, 阮文涛. 负载均衡技术的研究与实现[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(8): 120-122.

[5] 章文嵩. 可伸缩网络服务的研究与实现[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2000.

[6] Alexandre Cassen[EB/OL]. 2012. <http://www.Keepalived.org>.

[7] Oracle Corporation[EB/OL]. 2012. <http://dev.mysql.com/downloads/mysql-proxy>.

[8] PgFoundry[EB/OL]. 2012. <http://www.pgpool.net>.

[9] 吴吉义, 平玲娣, 潘雪增, 等. 云计算: 从概念到平台[J]. 电信科学, 2009(12): 23-29.

[10] De S K, Krishna P R. Clustering web transactions using rough approximation[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2004(3): 131-138.

[11] 张建成, 宋丽华, 鹿全礼, 等. 云计算方案分析研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(1): 165-167.

[12] 冯登国, 张敏, 张妍, 等. 云计算安全研究[J]. 软件学报, 2011(1): 71-83.