

6-6-2020

New Model for Mobile Indoor Maps Design and Expression

Deng Chen

Institute of Geographical Spatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China;

Jiangpeng Tian

Institute of Geographical Spatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China;

Xia Qing

Institute of Geographical Spatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

New Model for Mobile Indoor Maps Design and Expression

Abstract

Abstract: Indoor maps are the basis and information carrier of indoor location services, and the transmission efficiency of the map information would be affected by the design of indoor maps. In order to improve the effect of indoor map symbol design, enrich and innovate the indoor map expression, a new model of indoor map design and expression is studied on the basis of summarizing and drawing lessons from the current research results. *Firstly, the methods for classifying and grading the map elements, and the ideas and application values of the method for three dimensional non-photorealistic symbol design are summarized and discussed. Then, the ideas for indoor map elements symbol design of the mobile terminal are proposed, and the symbolization of two and three dimension is implemented. Finally, a new model of indoor map comprehensive expression and application is presented based on the results of indoor map elements symbol design.*

Keywords

indoor maps, three dimensional maps, map symbol design, three dimensional non-photorealistic, indoor location-based services

Recommended Citation

Deng Chen, Tian Jiangpeng, Xia Qing. New Model for Mobile Indoor Maps Design and Expression[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(12): 2952-2963.

面向移动终端的室内地图设计与表达新模式

邓晨, 田江鹏, 夏青

(信息工程大学 地理空间信息学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 室内地图是室内位置服务的信息载体, 地图表达效果会影响到室内空间信息的传输效率。在总结和借鉴当前研究成果的基础上, 以提高室内地图符号设计效果、丰富和创新室内地图表达方式为目的, 研究了室内地图设计与表达的新模式。对室内地图要素分类分级方法、三维非仿真符号设计思想及其应用价值进行总结与论述; 提出了面向移动终端的室内地图要素符号化整体思路, 并实现了地图要素二维与三维符号化; 基于符号设计成果, 提出了地图综合表达与应用的新模式。

关键词: 室内地图; 三维地图; 地图符号设计; 三维非仿真; 室内位置服务

中图分类号: TP391.72 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2017) 12-2952-12

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201712003

New Model for Mobile Indoor Maps Design and Expression

Deng Chen, Tian Jiangpeng, Xia Qing

(Institute of Geographical Spatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China)

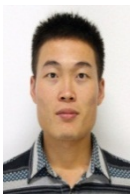
Abstract: Indoor maps are the basis and information carrier of indoor location services, and the transmission efficiency of the map information would be affected by the design of indoor maps. In order to improve the effect of indoor map symbol design, enrich and innovate the indoor map expression, a new model of indoor map design and expression is studied on the basis of summarizing and drawing lessons from the current research results. Firstly, the methods for classifying and grading the map elements, and the ideas and application values of the method for three dimensional non-photorealistic symbol design are summarized and discussed. Then, the ideas for indoor map elements symbol design of the mobile terminal are proposed, and the symbolization of two and three dimension is implemented. Finally, a new model of indoor map comprehensive expression and application is presented based on the results of indoor map elements symbol design.

Keywords: indoor maps; three dimensional maps; map symbol design; three dimensional non-photorealistic; indoor location-based services

引言

近几年来, 室内位置服务应用取得快速发展。无论是国外还是国内, 大量室内位置服务应用呈井

喷式的涌现, 如国外的谷歌、必应、Fastmall、Pointinside、Aisle411, 国内的百度、高德、图渊掌图、寻鹿、点道、积米等推出的室内地图, 以及日益更新、层出不穷的商场、火车站室内应用 APP, 如室内星、大悦城、万象城等。与此同时, 关于室内位置服务的研究也受到越来越多学者的关注, 掀起了一股室内位置服务研究的热潮。在研究初期大量工作集中于室内导航技术实现, 包括室内空间数据组织、拓扑模型构建与分析以及室内定位^[1-2]等



收稿日期: 2016-05-31 修回日期: 2016-07-11;
基金项目: 国家自然科学基金(41271393), 国家科技支撑计划(2013BAH56F02);
作者简介: 邓晨(1990-), 男, 江西, 博士生, 研究方向为地图制图与地理信息工程; 田江鹏(1987-), 男, 安徽, 博士, 讲师, 研究方向为地图制图与地理信息工程; 夏青(1970-), 男, 湖北, 博士, 教授, 研究方向为虚拟现实与仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 2952 •

关键技术的研究。随着应用的深入,人们逐渐发现对室内位置服务的信息载体——室内地图——研究的必要性和迫切性:因为早期的室内地图往往是简单的、示意的和不规范的,室内空间信息的表达难以达到用户的预期效果,从而影响了用户对室内空间信息的认知,对系统的可用性造成影响。因此,对室内地图进行合理、科学、规范化的设计以提高室内地图的表达效果,是室内位置服务研究面临的重要而亟需解决的问题。

当前已有一部分研究从地图学的视角,关注室内地图本身设计与表达效果的提高。波兰华沙科技大学的地图学教授 D. Gotlib^[3-6]致力于室内导航实现,但其认为:地图制图方法是室内导航系统设计时要考虑的内容,这些设计方法可以显著的增强室内导航系统的使用效果和用户体验,可以加速系统的发展。国外学者 Klippel^[7]、Bernhard Lorenz^[8]、NAKAJIMA M^[9]等,国内王富强^[10]、齐晓飞^[11]、张兰^[12-13]、游天^[14]、邓晨^[15]等都在这一方面进行了初步研究。

其中,张兰对室内空间的认知规律、基于情景的室内地图表达模板和室内地图制作方法进行了研究,为室内地图的规范化设计和地图学基本理论应用做了积极的探索;游天对室内地图设计理论和制图方法进行了系统研究与实践,重点对室内地图的基本概念和地图基本表示方法进行了分析和概述,为室内地图表示方法的选择和优缺点分析提供了参考;邓晨具体对移动室内地图设计流程进行了研究,对室内空间认知规律、地图要素分类分级进行了初步探讨,并给出了地图要素符号化与表达的基本样式,但其设计效果仍有待于改进,并且没有面向移动终端实现。

上述研究在室内地图规范化设计方面取得了积极进展,但是这些研究都侧重于室内地图的二维表达,对地图三维表达的研究相对薄弱。在室内地图三维表达方面, Radoczky^[16]、A.S. Nossun^[17]、Ya-Hong Lin^[18]、Hengshan Li^[19-21]等进行了相关研究。A.S. Nossun 提出了一种“管道”三维透视地

图,强调利用拓扑关系来表达室内空间的相对位置,拓扑关系的准确优先于地理位置精度的准确; Ya-Hong Lin 等研究基于 IFC 数据格式的室内导航路径三维表达,核心是基于 IFC 数据格式的室内路径分析与计算,对于室内地图底图的表达样式缺乏探讨;美国缅因州大学 Hengshan Li 等研究了移动终端上室内地图的多种应用模式(单楼层、多楼层、室内外转换应用模式等),对多楼层转换三维表达形式、地图三维表达内容详略程度以及用户评价实验进行了探讨,但是其研究尚处起步阶段,尚未形成成熟且效果佳的设计成果。

综合上述研究现状,当前关于室内地图设计的研究从地图学的视角梳理了室内地图的整体脉络,对室内地图理论和方法基础进行探讨与概述,为后续研究提供了良好的基础与参考。但是就当前室内地图产品而言,其表达效果仍存在较大提升空间,地图表达方式仍有待于丰富和完善,尤其是地图三维设计与表达方面;具体到室内地图设计实践当中,关于室内地图要素分类分级、符号化和综合表达的研究仍然不足。总结起来可以分为以下两点:

(1) 对于二维表达的室内地图,地图要素分类分级与符号化等方面有待于进一步研究,尤其是符号设计效果有待进一步提高;

(2) 当前关于室内地图三维设计方法的研究较少,适应移动终端上的室内三维地图表达方法亟需研究。

针对上述问题,本文面向移动终端,以提高室内地图符号设计效果、丰富和创新室内地图表达方式为目的,研究室内地图设计与表达的新模式。研究具体思路是在现有研究成果的基础上,对室内地图要素分类分级方法、三维非仿真设计思想及其应用价值进行总结与论述;然后,提出了一种可以适应移动终端需要的、涵盖抽象符号与形象符号成一定系列的要素符号化整体思路,并实践实现了要素的二维与三维符号化初步效果;最后基于符号设计成果,面向 Android 移动终端,提出

了地图要素综合应用与表达的新模式。

1 室内地图设计基础

1.1 室内地图要素分类分级

面向移动终端进行室内地图的设计, 地图应该满足移动用户立即可读、立即可记的需求, 因此地图的设计应当做到简洁而具有层次感, 能够层次分明、重点突出。设计时, 首先应当结合室内空间认知规律, 对室内地图要素进行选取简化并分类分级, 进而方便要素符号化与表达。

关于室内空间认知规律和地图要素的分类分级方法, 张兰^[12-13]与邓晨^[15]已进行了初步的研究。

本文在总结和借鉴的基础上, 加以发展和应用, 提出如图 1 所示的室内地图要素分类分级思路。

考虑到室内空间认知时存在空间线索模糊^[13]、多楼层转换定向困难、目标信息过于丰富等特点, 根据地图设计简洁性、层次性的需求, 对室内空间中存在的所有要素进行简化与选取, 对要素定位提示作用和标志性强弱进行评估, 并对用户兴趣要素进行筛选与分类。最终将表达于图面上的地图要素分为框架要素、关键要素和兴趣要素三类: 室内场景框架要素构成室内地图的背景地图, 表达了室内的整体布局和外轮廓; 认知关键要素是室内环境中对用户定位、定向, 理解室内结构有重要提示性意义的要素; 而用户兴趣要素是便于用户目标搜索而划分的分类, 是与用户室内行为目的相关的各类信

息要素。将地图要素这样划分可以达到两个目的:

第一, 可以比较容易简化大量不必要的室内空间要素, 达到简洁性的要求, 使得地图不过于复杂而不具可读性;

第二, 在结合室内空间认知特点的基础上, 可以比较容易区分要素的层次, 方便各类要素的符号设计, 使各类要素的符号具有层次性, 进而使要素的表达具有层次性, 从而使地图层次分明、重点突出。

总结相关^[15]研究成果, 对室内空间要素简化得到的地图要素分类分级结果如表 1 所示。

1.2 室内地图要素符号化思路

对分类分级得到的地图要素进行符号设计是地图设计步骤中关键一环。当前对室内地图要素符号设计的研究, 大多采用二维符号进行设计。二维地图具有抽象性、概括性^[22], 可以很好的传输空间知识, 并且实现对空间信息的分析, 在移动位置服务应用中已经广为接受。但是, 二维符号的抽象性同时也带来用户对符号认知上的“距离感”^[22], 这对于大部分普通用户、尤其是非地图专业的用户是不小的挑战。另一方面, 三维地图符号具有直观、形象的优点, 对用户有较强的亲和力, 相比较于二维抽象符号, 三维地图符号解译的过程可以大大简化^[23]。在室内地图大比例尺制图条件下, 三维符号具备的直观、亲近特点, 使得室内地图三维表达的研究具有重要的应用价值。

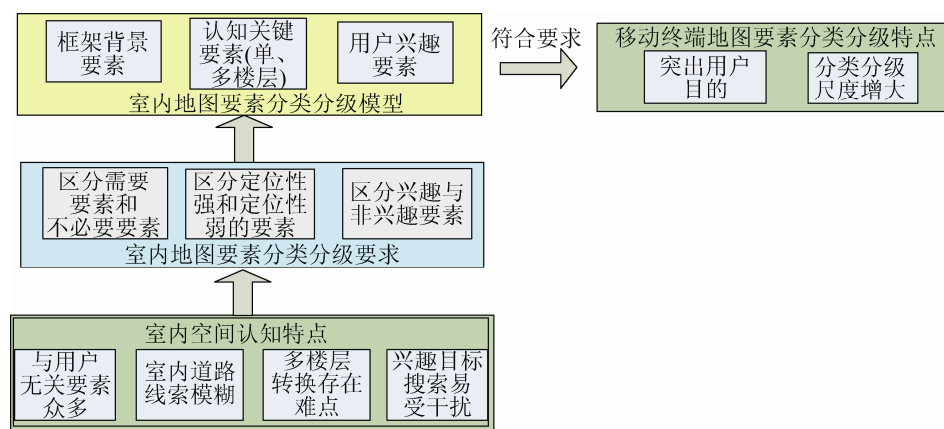


图 1 室内地图要素分类分级思路图

Fig. 1 Idea of classifying and grading the indoor map elements

表 1 室内地图要素分类分级表(郑州中原万达商场为例, 源自文献[15])

Tab. 1 Method for classifying and grading the indoor map elements (Zhengzhou Zhongyuan Wanda shopping mall, from the paper [15])

室内要素分级	要素类别	要素	
室内场景框架要素	底图要素	楼层轮廓、外墙体、房间布局、房间墙体, 以及走廊	
室内 关键 要素	单楼层关键要素	室内交通要素 大众服务类要素 单楼层锚固点 (名称与位置) 知识性要素	
	多楼层关键要素	楼层转换要素	步行梯、扶梯和电梯等
		对象邻接要素	邻接的单楼层关键要素、处于同一垂直线上的墙体等其他要素
		结构邻接要素	相邻楼层处于同一垂直线上的十字路口、T 型路口、L 型路口等特征
用户兴趣要素	商铺类(商场)	KFC 肯德基商铺、哈根达斯商铺、必胜客商铺、星巴克咖啡商铺、优衣库商铺等(万达商场一层) 绝对方向提示 餐饮、服饰、超市(百货)、娱乐	

但当前三维地图设计的研究尚处于起步阶段, 如何进行三维地图的总体设计是地图设计中的一个崭新课题^[24], 急需新的探索来提供新的表达样式, 而这一点可以同样引申至室内地图三维设计当中。

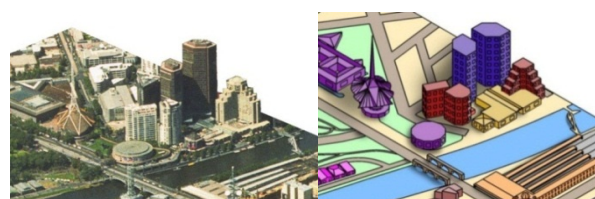
1.2.1 三维非仿真设计思想在室内地图符号设计中的应用

目前, 三维地图往往是采用三维建模与仿真可视化技术实现对真实场景逼真的模拟。这种仿真的方法可以实现对场景细节的浏览, 但同时大大增加了数据存储与处理的压力, 尤其是对于移动终端设备而言。

为了在移动地图设计当中很好的发挥三维地图表达的特点, 有学者开始研究一种称为三维非仿真表达(3D Non-photorealistic Rendering)的地图, 并且通过实验验证了这种三维地图在移动环境中的良好可用性^[25]。非仿真表达(或非真实感表达)起源于计算机图形学^[26], 目前研究集中在德国波茨坦大学^[27-28]、慕尼黑技术大学^[29-30]以及澳大利亚皇家墨尔本理工大学^[25], 当前主要应用于移动设备终端上的城市环境三维表达。

三维非仿真表达的核心思想是保证三维符号直观性的同时, 有意识地降低符号的逼真程度, 从而将读图者的注意力转移到符号外观形态以外的内容含义上。这种表达方法不追求“越逼真越好”的目标, 而是关注地图认知功能的实现, 通过有意

识的对制图目标抽象、简化, 表达出对象的功能属性与语义属性, 从而达到地图符号兼顾“形似”与“神似”的目的。图 2 是城市真实场景的照片与非仿真三维地图表达效果的对比。



(a) 场景照片 (b) 非仿真三维地图效果图
图 2 真实场景照片及其非仿真三维地图

Fig. 2 Real scene photograph and its' 3D non-photorealistic map

在当前移动终端计算与存储资源相对有限的条件下, 三维地图往往不能过于追求细节精度。采用三维非仿真方法进行符号设计, 使得符号可以兼具“形似”与“神似”的同时, 可以降低地图的数据量, 从而兼顾了地图设计与地图移动终端实现、应用两个方面的要求。将这种地图设计方法借鉴到室内地图符号设计当中, 是对室内地图设计新的尝试。

1.2.2 室内地图符号化整体思路

可以说二维符号与三维符号的不同本质上是指符号的抽象或形象程度的不同, 相比于逼真的三维模型, 二维符号是抽象的符号, 而三维非仿真符号则是介于二维抽象符号与三维逼真模型之间的, 是兼具抽象性与形象性特点的中间过渡符号。如图

3 所示, 表达了符号从抽象到形象的变化过程。

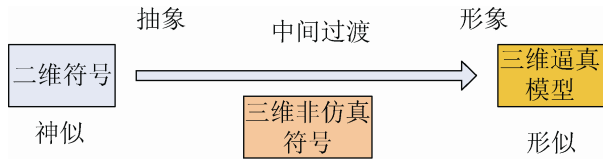


图 3 符号的抽象与形象特征

Fig. 3 Abstract and image feature of symbol

无论是抽象符号还是逼真模型, 都是对空间要素进行符号化的表现形式。从地图信息认知角度来看, 为用户提供从抽象到形象的系列符号, 相比于单一的抽象符号或形象符号, 可以更大程度上满足用户认知的需要, 因为这些系列的符号不仅表达出了要素的语义与功能属性, 还表达了出要素的外观特征。

因此, 为了满足用户对符号认知逐步精细的需求, 兼顾移动地图的实现条件, 室内地图要素符号化时, 设计了成系列的二维抽象符号与三维非仿真符号。设计时, 为了使抽象符号与形象符号具有协调一致的表达效果, 三维非仿真符号的形状、颜色等设计不追求接近真实物体的形状、颜色, 在各视觉变量的使用上, 更多借鉴和继承二维抽象符号设

计视觉变量的运用方法, 并将其灵活的应用到三维非仿真地图符号的设计当中, 相当于二维符号的设计成果是三维地符号设计的重要参考。这样得到的三维符号, 不仅具备直观性特点, 还继承了二维符号概括性的特点, 相互间存在联系性和逻辑性, 这也是在三维符号设计方法上的一种新的尝试。

2 室内地图要素符号化

对地图符号的设计, 重点是对各类视觉变量的运用^[31], 使最终地图符号的表达效果与要素分类分级的层次要求相一致。文中主要使用到的视觉变量有颜色、尺寸、形状、纹理、亮度、透明度和动态变量等。在地图要素符号设计时, 尽可能多的参考相关研究成果^[32]来指导符号的设计, 以提高符号的视觉效果。

在此首先给出本文符号化的整体方案, 涵盖了符号的几何属性和符号视觉变量的使用, 以及符号抽象与形象特征(由符号形状变量的维度来体现)。在后文中将进一步详细阐述并展示符号化的效果, 如表 2 所示是室内地图各要素符号化整体方案。

表 2 室内地图各要素符号化整体方案

Tab. 2 The symbolization scheme of indoor map elements

要素分类	要素	符号几何属性	视觉变量使用									
			形状 (维度)	尺寸	颜色	纹理、亮度	透明度、 动态变量					
框架要素	外墙体	线状符号	二、三维	适中	面状符号淡黄、米色, 线状符号黑色或与面 状符号相同	亮度适中						
	楼层轮廓	面状符号										
	房间布局	面状符号、体状符号										
	房间墙体	线状符号										
	走廊	与楼层轮廓结合										
	门	点状符号	三维	适中	白色	高亮	透明度					
关键要素	室内交通要素	点状符号	二、三维	适中	黄黑组合	高亮						
	大众服务类要素	点状符号										
	单楼层锚固点	与房间结合						适中	图标	纹理		
	楼层转换要素	点状符号						三维	增大	黄黑组合	纹理、高亮	
	对象邻接要素	点状符号						三维	适中	黄	高亮	闪烁
	结构邻接要素	点状符号										
室内外出入口要素	点状符号	三维	增大	黄黑组合	纹理、高亮	闪烁						
兴趣要素	餐饮、服饰、超市、娱乐	与房间结合			紫红, 绿, 蓝, 青	亮度适中						

2.1 框架要素符号化

框架要素构成了室内地图的底图, 直接影响到室内地图的整体表现形式。对框架要素的总体设计 requirements 是简洁清淡、边界清晰, 便于其他要素的表达。如图 4, 以郑州中原万达商场一层为例, 框架要素二维符号化的总体效果如图所示, 各要素视觉变量的应用的思路体现在表 2 中, 这里直接给出经过多次试验后一个相对可行的效果。



图 4 框架要素二维符号化效果
Fig. 4 2D symbolization of the frame elements

相对于二维地图, 三维表达的室内地图可以表达更多的室内细节信息, 例如: 房间的门、窗等要素。使用三维符号来表达室内框架通常有两种方式: 第一, 采用包围盒的形式来表达室内轮廓以及各房间布局; 第二, 将上述包围盒的顶部简化省略, 采用墙体与地板结合的方式表达室内空间结构。相对而言, 第二种方式较第一种方式更适合于室内细节信息的表达。因此, 在对室内框架要素三维符号化时, 分别采用了这两种方式进行设计, 并且在第二种表达方式中, 对门等细节要素进行符号化, 这样可以满足三维地图表达时多级 LOD 表达与逐步求精的需要。图 5、图 6 分别是两种方式三维符号化的效果。

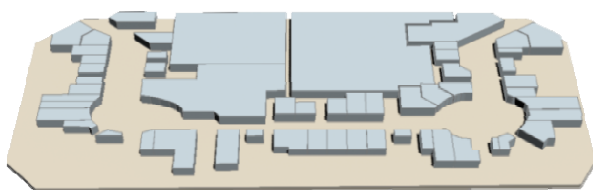


图 5 基于包围盒表达的框架要素符号化效果
Fig. 5 3D Symbolization of the frame elements based on the bounding boxes

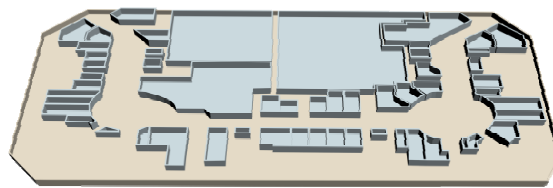


图 6 基于墙体表达的框架要素符号化效果
Fig. 6 3D Symbolization of the frame elements based on expression of the wall

2.2 单楼层关键要素符号化

单楼层关键要素是指在单一楼层上活动时, 定位和标志特征相对较强的一类要素, 这类要素的符号在地图上应相对突出, 并且结构简单易识别。符号设计时, 在形状上尽量采用目前公认的、习惯的符号表示法, 或则直接采用与对象有密切联系的形象作为符号, 如麦当劳、KFC 的商标等; 在颜色使用上, 点状符号采用相对发光度较高的颜色作为符号主体颜色, 并且适当增加颜色亮度^[33], 使得符号能相对鲜艳、突出; 在尺寸上, 点状符号尺寸可不受限于要素真实尺寸大小, 将符号的尺寸适当放大, 与框架要素的面状符号的尺寸相对协调。单楼层关键要素包含室内交通要素、大众服务要素和高铺锚固点要素等。

2.2.1 交通要素与大众服务要素符号设计

以步行梯符号为例, 对符号的设计进行说明。如图 7 所示, 是步行梯符号经过形状设计、轮廓组合、颜色配置后得到的效果。

在符号形状设计时, 参考了国家标准 (GB/T10001) 标志用公共信息图形符号^[34]、互联网上的素材, 以及实地考察的所搜集到的符号; 考虑到符号的形状并不规则, 采用添加规则包围形状的方法, 将符号的定位中心定位于包围体的几何中心; 颜色配置时, 使用纯度和亮度都较高的黄色填充矩形作为符号的背景, 满足符号相对突出的要求^[32]; 而内部形态结构使用黑色表示, 这是因为, 一方面这两种颜色搭配在视觉上比较舒适, 不容易产生视觉疲劳; 另一方面, 黄色与黑色在亮度上存在较大的对比, 这种明度对比可以使得

黄色背景上的黑色形态结构轮廓清晰, 易于识别, 有利于突显符号的内部结构, 使用户可以快速的辨别符号。



图 7 步行梯符号设计
Fig. 7 Symbol design of the walking ladder

其他的交通要素与大众服务要素, 均可采用上述类似的方法进行符号设计。这样得到的符号, 风格保持一致。得到要素符号结果如表 3 所示。

三维符号设计时, 如果模拟真实的物体形状进行设计, 一则符号结构复杂, 数据量大, 不利于在移动终端渲染显示; 二则过多的细节信息, 对于室内位置服务而言并不完全需要。因此, 本文将二维符号设计的特点应用到三维非仿真符号设计当中, 进行三维符号设计。

表 3 交通要素与大众服务要素二维符号
Tab. 3 2D symbolization of traffic elements and public service elements

名称	符号	名称	符号
楼梯		休息区	
直梯		ATM	
扶梯		洗手间	
紧急出口		收银台	
出入口		问询	

仍然以步行梯要素为例, 说明交通要素与大众服务要素三维符号的设计过程。如图 8 所示, 采用简单的立方体作为步梯要素的简化外形形状, 将前文二维符号设计得到的步行梯二维图标作为纹理, 按一定的方式贴于立方体的表面, 对立方体符号所代表的语义信息进行区分, 构成步梯的三维符号。为了使立方体符号保持简洁与易识别, 二维图标贴于立方体的顶面和前侧面, 其他的侧面则采用灰色进行表示。



图 8 步行梯三维符号设计
Fig. 8 3D symbol design of walking ladder

因为二维符号主体颜色为高亮黄色, 因而三维符号顶面与侧面的颜色也相对显著; 在符号的尺寸上, 立方体的高度略高于房间符号(包围盒体状符号或墙体线状符号)的高度, 从而使关键要素相对突出。这样得到的三维符号兼具形象性与抽象性的特点, 可以增强地图表达效果。对于其他的交通要素与大众服务类要素, 采用上述类似的方法进行三维符号设计。如表 4 所示, 得到各要素三维符号。

表 4 交通要素与大众服务要素三维符号
Tab. 4 3D symbolization of traffic elements and public service elements

名称	符号	名称	符号
楼梯		休息区	
直梯		ATM	
扶梯		洗手间	
紧急出口		收银台	
出入口		问询	

2.2.2 商铺锚固点要素的符号化

根据锚固点相关研究成果^[13], 依据商铺品牌的熟知度和商铺所处交通位置(路线起始点、转折点等), 对商铺锚固点进行选取。以万达一层为例, 如图 9 所示, 选取的锚固点商铺有: KFC 肯德基商铺、哈根达斯商铺、必胜客商铺、星巴克咖啡商铺、优衣库商铺、ZARA、H&M, 万达百货等。

考虑到锚固点的符号与商铺房间面状符号相关联, 本文使用为商铺房间面状符号贴加纹理的方法, 来设计锚固点商铺符号。为了使所贴加的图案

更具直观性与易读性, 本文直接采用这些知名商铺的商标——商铺代表性的形象——为图案。如表 5 所示, 从上述各类商铺的官方网站上收集到相应的商标图案, 并使用图像处理软件做了修整, 仅仅保留商标最具标志性意义的部分。将这些图案应用到地图设计中的效果图如图 10 所示。

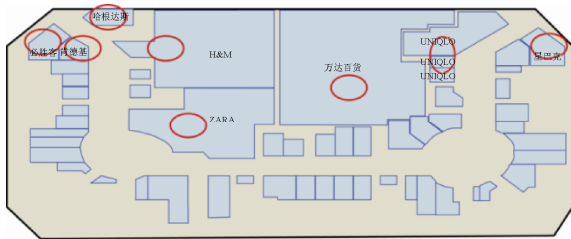


图 9 万达一层商铺锚固点选取(红线圈标注的为锚固点)
Fig. 9 Selection of anchor points in the first floor of WanDa
(Anchor points are marked with red line)

表 5 锚固点商铺的商标

Tab. 5 Trademarks of the anchor points

商铺名称	符号	商铺名称	符号
KFC		万达百货	
星巴克		H&M	
必胜客		ZARA	
哈根达斯		优衣库	



图 10 单楼层关键要素符号化效果图
Fig. 10 2D Symbolization of the key elements in a single floor

对应的, 三维符号设计时, 将商铺的二维图标作为纹理, 赋予商铺相应房间符号上, 达到形象直观的目的。基于包围盒设计的房间符号, 是将商标(二维图标)作为纹理贴在包围盒的顶面上, 如图 11 给出了单楼层关键要素综合效果图。基于墙体设计

的房间符号, 是将商标纹理贴于表达房间内部结构的面状符号(即地板)上, 如图 12 给出了基于墙体表达的关键要素符号综合效果。



图 11 基于包围盒的单楼层关键要素符号化效果
Fig. 11 3D Symbolization of the key elements in a single floor based on the bounding boxes



图 12 基于墙体表达的单楼层关键要素符号化效果
Fig. 12 3D Symbolization of the key elements in a single floor based on expression of the wall

2.3 用户兴趣要素符号化

用户兴趣要素对应于商场内商铺的功能与含义属性, 本文将其简单分为餐饮、服饰、超市(百货)、娱乐四大类。符号化时, 将兴趣要素与商铺面状符号结合, 通过为商铺符号设置不同颜色来抽象的代表不同兴趣要素。

颜色设计时, 主要采用绿色、紫红色、青色、蓝色四种颜色来分别表示百货、娱乐、服饰、餐饮等四种不同的兴趣要素。因为前两种是偏中性色调、后两种偏冷色调, 与关键要素符号色(黄色)差保持较大区别, 从而使得图面整体保持清淡、舒适和对比。

颜色配置时, 要考虑符号的相对位置和面积大小: 对于位置相邻的同类型要素, 应使轮廓清晰、利于辨别; 对于面积较小的符号, 应使其不会容易被忽略; 对于面积较大的符号, 应使其不至于局部突出而刺眼。因此, 可以对这四种主色调的颜色进行微调, 采用其相应的类似色(颜色深浅变化, 比如绿色的类似色淡绿或深绿)来对类型相同、但位

置和大小不同的商铺面状符号进行颜色配置: 对于面积较大的符号, 适当的降低颜色的饱和度与亮度进行配置, 而对于面积较小的符号则相反; 同时, 对位置相邻的同类型符号颜色进行微调。

如图 13 是基于二维地图表达的兴趣要素效果图, 图 14 是基于包围盒表达的兴趣要素效果图, 图 15 是基于墙体表达的兴趣要素效果图, 图 16 是表达门等细节信息要素的效果图。



图 13 基于二维地图表达的兴趣要素效果图

Fig. 13 Symbolization of interest elements on the 2D map



图 14 基于包围盒表达的兴趣要素效果图

Fig. 14 Symbolization of interest elements on the 3D "bounding boxes" map



图 15 基于墙体表达的兴趣要素效果图

Fig. 15 Symbolization of interest elements on the 3D "wall" map



图 16 基于墙体表达的综合效果图(添加“门”的符号)

Fig. 16 Comprehensive effect based on the 3D "wall" map (adding symbols of the door)

3 地图综合表达与应用

本文将室内地图的综合应用概括为三种模式: 单楼层应用、多楼层转换应用以及室内外转换应用。基于上述符号设计的成果, 面向 Android 移动端, 对各种应用模式中要素表达的方法进行说明。

3.1 单楼层应用

使用二维室内地图作为应用的基础, 同时支持(各楼层)二三维地图的切换。二三维地图的切换采用多点触控缩放的形式实现, 二维地图放大到一定程度时切换为三维地图, 三维地图缩小到一定程度时切换为二维地图。这样连续变化的方式, 实现室内地图由抽象符号到形象符号的表达, 即实现由二维抽象符号, 到基于包围盒的三维符号, 再到基于墙体的三维符号, 甚至到逼真的三维模型的自然过渡, 满足用户对室内信息认知逐步精细的要求。这也就实现了移动智能终端多点触控交互特点与单楼层室内地图多级 LOD 表达的相结合。

3.2 多楼层转换应用

多楼层转换地图重点是突出表达多楼层关键要素, 多楼层关键要素包括楼层转换要素和楼层邻接要素: 楼层转换要素主要作用是表现室内空间的联通特点; 邻接要素主要作用是表达出多楼层空间中明显的、重要的相似特征, 增强用户对室内结构的理解。

在多楼层地图设计中, 适当增大多楼层关键要素符号的尺寸(如立方体的尺寸增大), 而将框架要素中房间符号高度尺寸相对减小, 从而利于关键要素的突出; 使用半透明的连接线连接各楼层相连接的交通要素, 从而直观的表达了楼层的连通特征; 采用闪烁、高亮等动态视觉变量设计邻接要素, 直观的表达楼层相似结构; 并且为了得到更好的视觉效果, 对各楼层的楼层轮廓面状符号进行半透明化。

如图 17, 是多楼层叠加统一表达的示意效果图(非真实的三个楼层场景图叠加, 是本文基于

OpenGL ES 开发的 Android App “IndoorNavi” 程序中的运行截图)。将多个单楼层室内地图由下到上, 按水平对齐的方式进行叠放, 用于多个楼层整体表达。其特点是实现多楼层地图浏览的基础上, 重点表达楼层连通性和楼层相似结构(动态闪烁效果), 较普通的二维表达有更强的直观形象感。

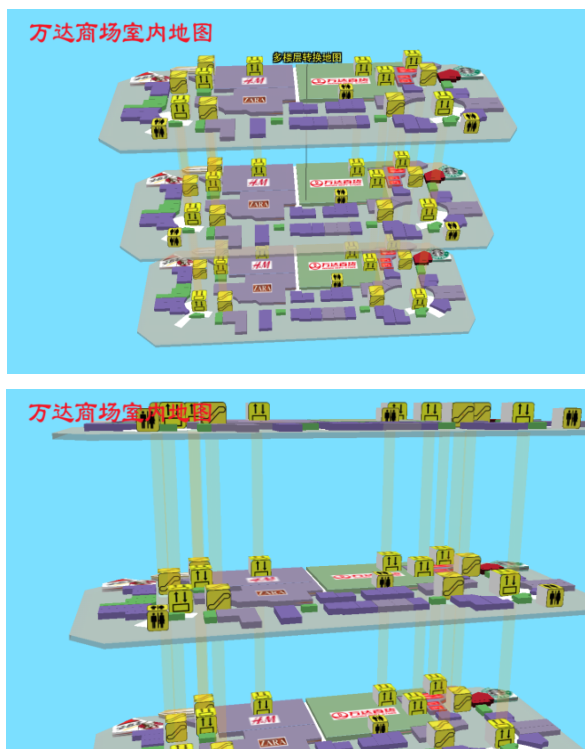


图 17 多楼层整体表达——示意效果图

Fig. 17 Overall expression of multi-floors (Schematic diagram)

3.3 室内外转换

室内外转换地图的重点是突出出入口要素, 主要思想包括以下三点: 首先, 增大出入口要素的符号尺寸; 其次, 采用动态视觉变量闪烁与旋转增强效果; 最后, 对出入口处要素进行注记, 注记内容包括出入口的位置与附近的室外道路信息。效果图如图 18 所示(“IndoorNavi” App 中的运行截图)。通过这样的设计与表达, 可以显著地增强用户对室内外转换节点(出入口)信息的获取与认知。



图 18 出入口符号闪烁与旋转动态效果

Fig. 18 Dynamic effects on symbols of entrance elements: flickering and rotating

4 结论

室内地图是室内位置服务的信息载体, 地图表达效果会影响到室内空间信息传输效率。当前的研究从地图学的视角梳理了室内地图的整体脉络, 对室内地图理论和方法基础进行探讨与概述, 但是具体到室内地图设计实际当中, 关于室内地图要素分类分级、符号化和综合表达, 尤其是三维表达的研究仍然不足。在总结和借鉴当前研究成果的基础上, 以丰富和创新室内地图表达方式为目的, 对室内地图要素分类分级方法、三维非仿真设计思想及其应用价值进行了总结与论述; 提出了面向移动终端的室内地图要素符号化整体思路, 并实践实现了地图要素的二维与三维符号化初步效果; 最后基于符号设计成果, 面向 Android 移动终端, 提出了地图综合表达与应用的新模式。但目前的方法还只是理论上的研究, 还没有进一步开展评价实验, 让用户进行评价并提出建议, 作进一步改进, 这也是本文下一步的重点工作。

参考文献:

- [1] Mautz R. Overview of Current Indoor Positioning Systems[J]. Geodesy and Cartography (S2029-7009), 2009, 35(1): 18-22.
- [2] Giorgetti G, Farley R, Chikkappa K, et al. Cortina: Collaborative Indoor Positioning Using Low-power Sensor Networks[J]. Journal of Location Based Services (S1748-9733), 2012, 6(3): 137-160.
- [3] Gotlib D, Marciniak J. Cartographical Aspects in the

- Design of Indoor Navigation Systems[J]. Annual of Navigation (S1640-8632), 2012, 19(1): 35-48.
- [4] Gotlib D, Gnat M, Marciniak J. The Research on Cartographical Indoor Presentation and Indoor Route Modeling for Navigation Applications[C]// 2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation. IEEE, 2013:1-7.
- [5] Gotlib D. Development of Cartographic Presentation Methods in Mobile Systems, Including Indoor Positioning Systems[R]. The Report on the Work of the Department of Cartography, Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska, 2011.
- [6] Gotlib D, Gnat M. Spatial Database Modeling for Indoor Navigation Systems[J]. Reports on Geodesy and Geoinformatics (S0867-3179), 2013, 95(1): 49-63.
- [7] Klippel, Christian Freksa, Stephan Winter. You-are-Here Maps in Emergencies-the Danger of Getting Lost[J]. Journal of Spatial Science (S1836-5655), 2006, 51(1): 117-131.
- [8] Lorenz B, Ohlbach H J, Stoffel E P. A Hybrid Spatial Model for Representing Indoor Environments[C]//6th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems. Springer Berlin Heidelberg (S1611-3349), 2006: 102-112.
- [9] Nakajima M. Path Planning Using Indoor Map Data Generated by the Plan View of Each Floor[J]. Pictogram, 2011, 50: 50.
- [10] 王富强, 薛志伟, 齐晓飞, 等. 室内地图研究综述[J]. 地矿测绘, 2012, 28(2): 1-3.
Wang Fuqiang, Xue Zhiwei, Qi Xiaofei, et al. A Review of Researches on Indoor Maps[J]. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, 2012, 28(2): 1-3.
- [11] 齐晓飞, 崔秀飞, 李怀树. 室内地图设计现状分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(2): 10-14.
Qi Xiaofei, Cui Xiufei, Li HuaiShu. Analysis of Design on Indoor Map[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2013, 36(2): 10-14.
- [12] 张兰, 王光霞, 袁田, 等. 室内地图研究初探[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(9): 43-47.
Zhang Lan, Wang Guangxia, Yuan Tian, et al. Peng KeMan. Research on Indoor Map[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2013, 36(9): 43-47.
- [13] 张兰. 室内地图的空间认知与表达模板研究[D]. 郑州: 信息工程大学, 2014.
Zhang Lan. Research on Indoor Map Spatial Cognition and Expression Template[D]. Zhengzhou: University of Information Engineering, 2014.
- [14] 游天, 周成虎, 陈曦. 室内地图表示方法研究与实践[J]. 测绘科学技术学报, 2014, 31(6): 625-640.
You Tian, Zhou Chenghu, Chen Xi. The Research and Practice of Indoor Map Representation[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2014, 31(6): 625-640.
- [15] 邓晨, 夏青, 林雕, 等. 基于空间认知的移动室内地图设计新模式[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(9): 2097-2103.
Deng Chen, Xia Qing, Lin Diao, et al. New Patterns for Mobile Indoor Maps Designing Based on Spatial Cognitive[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(9): 2097-2103.
- [16] Verena Radoczky. Location based services and telecartography[M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [17] Nossum A S. IndoorTubes: A Novel Design for Indoor Maps[J]. Cartography and Geographic Information Science (S1545-0465), 2011, 38(2): 193-201.
- [18] Lin Y H, Liu Y S, Gao G, et al. The IFC-based Path Planning for 3D Indoor Spaces[J]. Advanced Engineering Informatics (S1474-0346), 2013, 27(2): 189-205.
- [19] Li H, Giudice N A. The Effects of 2D and 3D Maps on Learning Virtual Multi-level Indoor Environments[C] //Proceedings of the 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Map Interaction. ACM, 2013: 7-12.
- [20] Giudice N A, Li H. The Effects of Visual Granularity on Indoor Spatial Learning Assisted by Mobile 3d Information Displays[C]//International Conference on Spatial Cognition. Springer Berlin Heidelberg (S1611-3349), 2012: 163-172.
- [21] Li H, Giudice N A. Using Mobile 3D Visualization Techniques to Facilitate Multi-level Cognitive Map Development of Complex Indoor Spaces//[C] Proceedings of the Workshop on Spatial Knowledge Acquisition with Limited Information Displays 2012 (S1613-0073), 2012, 888: 31-36.
- [22] 孟丽秋. 地图学技术发展中的几点理论思考[J]. 测绘科学技术学报, 2006, 23(2): 89-100.
Meng Liqiu. Some Theoretical Concerns Along with the Development of Cartographic Technologies[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2006, 23(2): 89-100.
- [23] 蒋秉川, 夏青, 陈华, 等. 二维地理信息表达在三维空间中的应用分析研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(增 1): 151-158.
Jiang Bingchuan, Xia Qing, Chen Hua, et al. Application and Analysis Research about the Two-Dimensional

- Geography Information Expression in the Three-Dimensional Space[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2008, 33(S1): 151-158.
- [24] 王光霞. 地图设计与编绘[M]. 北京: 测绘出版社, 2010.
Wang GuangXia. *Map Design and Compilation*[M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2010.
- [25] Plesa M A, Cartwright W. Evaluating the Effectiveness of Non-realistic 3D Maps for Navigation with Mobile Devices[M]. *Map-based Mobile Services*. Springer Berlin Heidelberg, 2008: 80-104.
- [26] Strothotte T, Schlechtweg S. Non-Photorealistic Computer Graphics: Modeling, Rendering, and Animation[M]. Morgan Kaufmann, 2002.
- [27] Dollner J, Walther M. Real-time Expressive Rendering of City Models[C]//2003 International Conference on Information Visualization. IEEE (S1093-9547), 2003: 245-250.
- [28] Dollner J, Buehholz H. Non-Photorealism in 3D Geovirtual Environments[C]// Proceedings of AutoCarto. 2005: 1-14.
- [29] 孟丽秋. 地图学何去何从[J]. *测绘科学技术学报*, 2013, 30(4): 334-342.
Meng Liqiu. Cartography and Maps-Where to Go[J]. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2013, 30(4): 334-342.
- [30] Jahnke M. Nicht-photorealismus in Der Stadt model lvisualisierung für Mobile nutzungskontexte[D]. Technische Universität München, 2013.
- [31] 陈毓芬, 陈永华. 地图视觉感受理论在电子地图设计中的应用[J]. *解放军测绘学院学报*, 1999, 16(3): 218-221.
Chen Yufen, Chen Yonghua. Application of Visual Perception Theory on Electronic Map Design[J]. *Journal of the PLA Institute of Surveying and Mapping*. 1999,16(3): 218-221.
- [32] Arthur H. Robinson. The Look of Maps: An examination of cartography design[M]. University of Wisconsin Press, 1952.
- [33] 黄国松. 色彩设计学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2001.
Huang Guosong. *The Subject of Color Designing*[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2001.
- [34] 张亮. GB/T10001《标志用公共信息图形符号》系列标准回顾及展望[J]. *广告大观(标识版)*, 2007(3): 72-75.
Zhang Liang. Review and Prospect of Series Standard of GB/T10001 (Public Information Graphical Symbols for Use on Sign)[J]. *Advertisinc Panorama: (China Signage)*, 2007(3):72-75.

(上接第 2951 页)

- [11] 王钰, 李文玉, 朱明辉. 颌面部骨骼三维建模与通用仿真平台的建立[J]. *系统仿真学报*, 2008, 20(16): 4227-4236.
Wang Yu, Li Wenyu, Zhu Minghui. 3D-Modeling and Implementation Of All-purpose Simulations for Craniofacial Skeleton[J]. *Journal of System Simulation*. 2008, 20(16): 4227-4236.
- [12] Mohamed I El-Anwara, Mohamed M El-Zawahry. A three dimensional finite element study on dental implant design[J]. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* (S1687-157X), 2011, 9(1): 77-82.
- [13] Keiko Nakamura, Kiyoshi Tajima. Dental application of novel finite element analysis software for three-dimensional finite element modeling of a dentulous mandible from its computed tomography images [J]. *Journal of Engineering in Medicine* (S2314-5129), 2013, 227(12): 1312-1318.
- [14] Liao Shenghui, TongRuofeng, DongJinxiang. Anisotropic finite element modeling for patient-specific mandible [J]. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* (S0169-2607), 2007, 88(3): 197-209.
- [15] Olek Zienkiewicz, Robert Taylor, J. Z. Zhu. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals [M]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.
- [16] Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, et al. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post[J]. *Biomaterials* (S0142-9612), 2002, 23(13): 2667-2682.