

基于 BIM 的大型场馆室内导航系统设计研究

汪军民¹ 胥梓晟² 白刚¹ 孙秀玉² 周迎²

(1. 武汉新城国际博览中心有限公司, 武汉 430050;
2. 华中科技大学 土木与水利工程学院, 武汉 430074)

【摘要】随着大型公共建筑规模越来越大,人们在室内活动时间增加,对于室内导航服务的需求日益增长。针对目前室内导航系统存在的不足,利用建筑信息模型所包含的丰富三维信息,构建基于 BIM 的大型场馆室内导航系统。本文设计室内导航系统总体架构,通过地图管理、定位管理、路径规划和后台管理四大模块,实现三维地图展示、跨楼层室内导航、模拟导航等功能。在某国际博览中心导航项目中具体实施,该系统能够满足大型场馆室内导航服务需求,同时对导航数据进行存储与分析,将促进智慧园区、智慧城市的建设。

【关键词】BIM; 室内导航; 人车导航; 大型场馆; 智慧城市

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2022)06-0020-07

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2022.06.04

引言

随着城市化的发展,大型建筑如商场、机场、展馆、办公大楼等规模越来越大,人们仅借助传统室内导向标识,难以准确快速到达目的地,迫切需要一种直观、便捷、可靠的数字化室内导航系统来实现路线引导服务。

近些年,在室内导航方面的研究主要关注于定位技术与路径规划两方面。其中定位技术方面涉及 WiFi、蓝牙、RFID、超声波定位、UWB 等技术在室内场景的应用,各技术功耗、准确率分析及定位算法改进等^[1-3];路径规划方面涉及路网模型生成、路网优化、寻径算法改进等,如划分室内空间^[4]、引入多层导航网格模型^[5]、室内三维模型^[6]替代传统的二维室内地图。目前,在室内地图绘制方面,一般采用 GIS 地图制作工具输入,工作繁琐且不易更新^[7];在导航展示方面,路线以二维平面地图为主^[8],使用者难以准确地判断室内空间方位。

BIM 可描述建筑内部的实际位置^[9],提取室内 3D 地图^[10]。借助 BIM 虚拟漫游技术,可实现室内环境下的三维路径规划^[11]。

本文结合上述研究成果,针对大型场馆中的室内展位、地下停车场等复杂空间,分析 BIM 在室内导航过程中室内地图绘制、导航交互环节的具体应用,通过蓝牙信标将“人、车、物”连接入网,构建基于 BIM 的大型场馆室内导航系统,打造导航小程序,提供可视化、便捷的实时导航与模拟导航服务,同时对导航数据进行存储与分析,助力智慧城市建设。

1 研究背景

1.1 现状分析

把 BIM 应用于室内导航领域,弥补传统导航方式的不足,一是借助 BIM 生成室内路网模型,适用于大型场馆特殊的空间环境;二是通过 BIM 漫游技术实现模拟导航,使导航更具直观性。根据系统需

【基金项目】 国家自然科学基金项目(编号:72122007,72071089,71821001)

【第一作者】 汪军民(1969-),男,高级工程师,总经理,主要研究方向:智慧园区。

【通讯作者】 白刚(1983-),男,经营管理部副部长,主要研究方向:智慧运维。

求分析,大型场馆室内导航系统目前应解决以下问题:

(1)定位技术选择

蓝牙信标具有部署成本低的优势,支持手机或标签定位,水平定位精度可达2m左右,高度方向可实现楼层判断,配有灵活的位置管理服务,可以满足大型场馆室内空间跨度大的特点,且具有后期可扩展性。

(2)室内地图绘制

不同于室外地图仅涉及道路与建筑信息,室内地图不仅有各楼层建筑信息、地下车位信息,并且包含更多的区域功能信息,如展位数据、楼梯数据、设施数据等。团队以 BIM 中的 IFC 文件为室内数据源,对 IFC 内的几何与语义信息进行提取,完成多层平面路网模型的纵向连接,可实现三维立体化的路网模型构建,实现 BIM 模型或其它地图数据格式的直接导入。

(3)导航交互方式

在传统导航方式中多以二维地图形式显示 POI 信息,路线方位难以辨识,不能准确了解路径及沿途室内空间信息。路线直观性以及室内跨楼层导航存在局限。在导航系统中融合 BIM,可实现室内场景三维可视化。通过 BIM 虚拟漫游提供模拟导航,可查看路径信息、行走过程演示及路径总距离。通过调用实景摄像头提供 AR 导航,可实现 AR 实景中动态准确指引路径与行进方向。

(4)导航规划与分析

不同于常规导航路线的固定性,场馆内部由于业务场景多变,需根据场馆运营情况、展位信息,自定义路网通断。因此,该导航系统需支持更改区域内的路径规划信息。同时需获得全面精准的用户位置数据,记录馆内人员的轨迹数据,用来挖掘、分析、统计场馆展期内情况,实现服务调整和精准营销。

1.2 工程选取

本系统以某国际博览中心场馆为研究对象,参展观众找不到路是场馆目前最大痛点。同时场馆室内高空间、纵向无依附设施的特点也给室内导航带来挑战。

该国际博览中心占地约6200亩,包括展馆、国际会议中心、洲际酒店等,其中室内场馆面积15万m²,场馆地下停车场面积近15万m²,室外广场展览

面积4万m²,如图1所示,是集会展、科技、文化、商务、休闲、旅游、居住于一体的多功能复合型的国际博览城。



图1 某国际博览中心实景图

2 大型场馆室内导航系统设计

2.1 系统总体架构

基于上述工程概况与现状分析,构建基于 BIM 的大型场馆室内导航系统。系统总体架构分为四个层面,自底向上层层递进,相互关联,分别为设备层、数据层、支持层和应用层,如图2所示。

(1)设备层

设备层由定位信标与用户设备构成,其中定位设备为基站与 iBeacon 蓝牙信标设备。用户设备为移动终端(手机/PDA)、含蓝牙模块的可穿戴设备等。设备层采集的数据借助蓝牙网络实现设备定位,利用4G/5G网络实现数据通信。



图2 导航系统总体架构图

(2)数据层

数据层用于储存导航系统所需数据,是系统运行后主要的操作对象,可分为基础数据库与业务数据库。主要包括 BIM 模型、室内地图数据、路网数

据、POI 等基础数据。用户数据、位置定位数据、路线规划数据等业务数据。

(3) 支撑层

支撑层通过对数据的集成处理,支撑系统功能实现,涉及定位引擎、地图引擎、信标扫描引擎。其中定位引擎确保定位准确性与稳定性,定位方式以 iBeacon 主动定位为主,该引擎可根据所处环境复杂度选取最优的定位算法进行融合定位。地图引擎可将定位信息映射在对应的室内地图中;信标扫描引擎实现信标主动扫描及算法。

(4) 应用层

应用层根据需求构建功能模块,功能主要分为:地图管理、定位管理、路径规划、后台管理四个模块。通过搭建 Web 地图实现地图展示、路径规划、POI 搜索等,并嵌入进微信小程序实现实时定位、导航功能。

2.2 系统功能架构

系统功能框架从应用层中的地图管理、定位管理、路径规划、后台管理功能四个模块展开,如图 3 所示。



图 3 导航系统功能架构图

主要功能描述如下:

(1) 地图编辑:采集场馆及停车场区域建筑物信息、设施信息绘制路网,建立空间地理信息路网数据库,用于路径规划和交通导航,支持区域内后续新增的地图扩展;

(2) POI 管理:制作和编辑场馆内展会地图信息;支持展会主办方快速绘制不同展位、展品通行路径的室内地图;

(3) 地图显示:通过地图引擎、BIM 模型,实现全场馆多楼栋统一展示。采用 3D 向量地图,地图可随前进方向自动旋转;

(4) 设备定位:在室内地下停车场、场馆外的紧邻环道上提供实时、连续的定位服务;

(5) 实时导航:提供观众在导航区域内的人找人、人找车、人找展位中自由行走时的实时精准定位,跨越楼层间的路线导航;

(6) 数据分析:通过分析用户访问系统所产生的位置定位、移动轨迹、POI 查询等数据,提供各类分析应用类增值服务。

3 基于 BIM 的室内导航系统应用

3.1 实施重难点问题解决

在该导航系统与具体工程应用相结合实施中,存在以下重难点问题:

(1) 车行导航难点:车辆启动整体速度较快,扫描处理 iBeacon 信息会有一定延迟,从而产生部署跳点、卡顿、延迟等问题。针对以上问题通过硬件部署、技术优化两方面改进。在点位部署方面,停车场点位设计加密处理,通过交叉部署实现用户在整个使用场景内拥有 iBeacon 信息覆盖。在技术优化方面,利用定位+缓存,在停车场内采用 Hash 算法提前处理预设的路网信息,采用“加速器+GPS+超前参数扫描”,在信号值偏弱处,采用惯性导航模拟对应路网上的线路,避免出现卡顿和延迟现象;

(2) 导航地图难点:导航时地图层面需要同时实现路径规划、模拟导航、平滑显示等功能,运行时易出现地图加载卡顿。为确保整个项目地图运行不出现卡顿且能清晰展示数据信息,对地图做层级优化处理。在地图绘制中,包含 2D、3D 地图的处理,提取 BIM 模型关键信息,将其与 2D 路网融合,提供一体化的地图显示和导航;

(3) 部署设备难点:基于场馆跨度大、分散、镂空多、不宜吊装的情况,定制输出部署方案,对部署的全部 iBeacon 蓝牙信标布局进行可视化地图展示,点位图如图 4~图 5 所示,总计 8 759 件蓝牙信标,覆盖场馆 690 913m²。定制符合场馆使用的地沟板件(如图 6 所示),不破坏原样确保功能实现。

3.2 BIM 技术在导航系统中的应用

(1) 基于 BIM 的会展三维信息模型

将 BIM 的树状空间结构与多层级展位空间相结合,针对本项目特点,设置多层级展位空间编码标准,部分编码如表 1 所示。

基于 IFC 标准对 BIM 模型空间结构进行拆分、组合,实现结构化布展数据与展区多层级实体三维模型的自动关联,形成具备会展管理属性的三维信

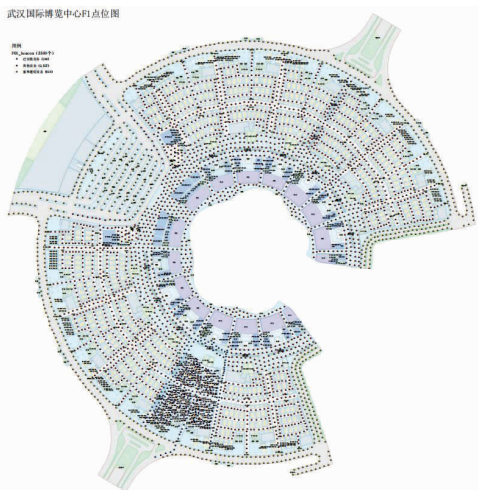


图 4 某博览中心 F1 点位图

表 1 多层次展位空间编码

编码	模型构件	编码	模型构件
10-10	建筑	10-10.20	场地
10-10.10	建筑构件	10-10.20.01	道路
10-10.01.01	建筑墙	10-10.20.02	停车场
10-10.01.01.01	内墙	10-10.20.02.01	停车场照明



图 7 会展三维信息模型

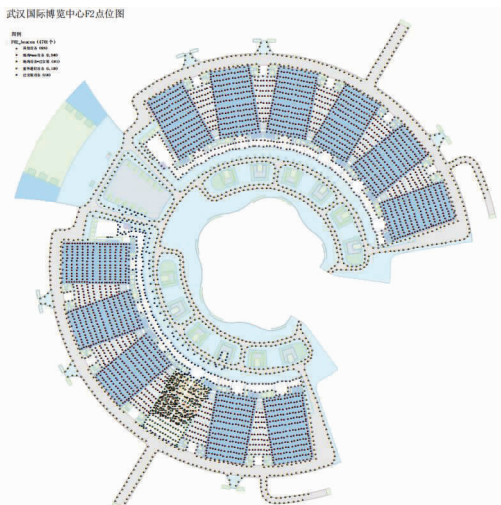


图 5 某博览中心 F2 点位图

面片优化存储、模型渲染优化等技术实现轻量化,采用 Three.js 实现对临时设施的增加、移动、编辑和删除等功能,建立轻量化的任务执行平台。

运维人员在后台登陆地图管理模块,可以更新地图信息、增加 POI 点位等,实现地图端交互式的场地临时设施布置与一体化集成管理,如图 8 所示。

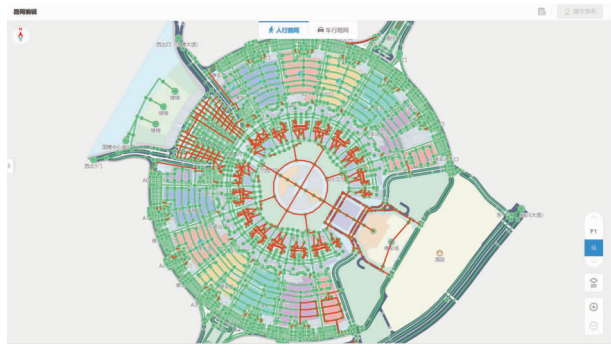


图 8 编辑路网界面

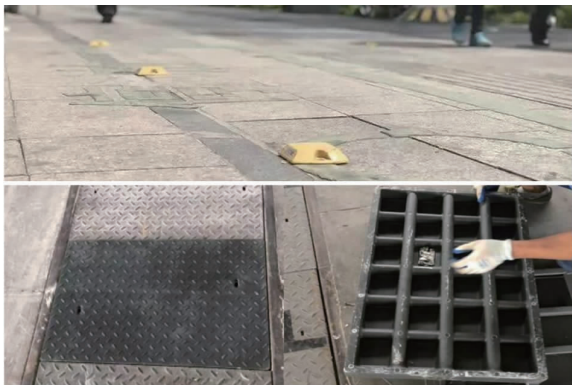


图 6 室内外地沟部署图

3.3 系统应用功能

(1) 三维地图展示

采用 3D 向量地图,室内地图支持多楼层显示、支持 360° 三维立体旋转、缩放,如图 9 所示。当用户登陆系统微信小程序,开启蓝牙,进入地图导航界面后,可查看各楼层建筑模型情况。

(2) 跨楼层室内导航

支持跨楼层的动态路径规划和连续导航。路

息模型,如图 7 所示。

(2) 基于 BIM 轻量化的一体化集成管理

对建筑、会展和临时设施设备等信息通过三角

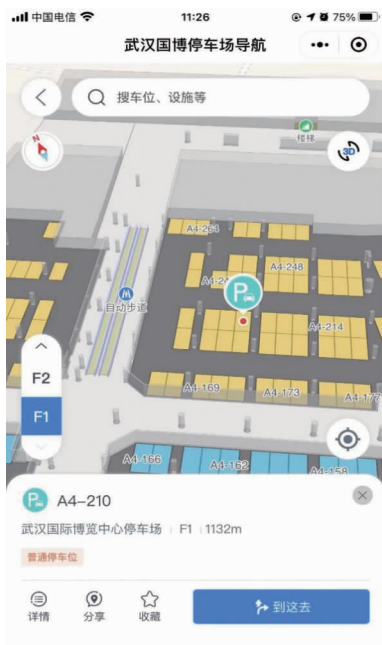


图9 室内停车场三维地图

线规划起点与终点不在同一楼层时,提供电梯、扶梯、楼梯等方式的智能选择,并且支持电梯、扶梯、楼梯的多次换乘,以满足某些电梯不能一次到达的特殊楼层,如图10所示。



图10 跨楼层路线导航

(3) 模拟导航

当用户输入起点和终点后,后台根据路网规划为用户匹配最优路径、显示距离、步行所需时间等信息,如图11所示。用户点击模拟导航按钮,小程序会模拟用户步行路径,沉浸式漫游展示完整导航路径,达到更好的路径交互效果。

(4) 可视化后台管理

场馆室内展位地图与地下停车场地图是有效



图11 路线模拟导航

实现精确导航的核心点,运维人员登陆后台后,可以更新地图信息、增加 POI 点位、更新绘制地图展位,如图12所示。

3.4 系统应用价值——数据分析

基于 BIM 的大型场馆室内导航系统对数据进行采集、存储与分析,制定数据驱动的业务决策,打造智慧场馆。将用户访问系统所产生的位置定位数据、移动轨迹数据、路线规划数据、POI 查询数据存储在业务数据库。从用户、管理方与场馆内部等维度,进行数据匹配、分析与挖掘,支持决策,对用户行为进行指引。

(1) 基于定位数据的人员分布统计

统计场馆内所有定位设备位置数据,可得人员时间和空间分布情况,通过在地图上对色块不同着色表示数据的大小,绘制场馆人员热力图。了解不同区域热力值,得出较受欢迎区域,为客流分析提供数据支持。

(2) 基于移动轨迹数据的交通监测

统计移动轨迹数据,可清晰查看场馆内人员、车辆的停留时间、移动情况。在展览期间,动态统计场馆范围内的人员与车辆移动状况,对人车流进行自动统计,动态显示流动路线以及流动趋势。第一时间监测交通拥塞情况,及时采取引导措施缓解场馆内外区域拥堵。

(3) 基于实时导航数据的路线规划优化

分析实时导航数据改进路线,降本增效。一方面,在地图上实时显示拥堵情况,在导航进行过程

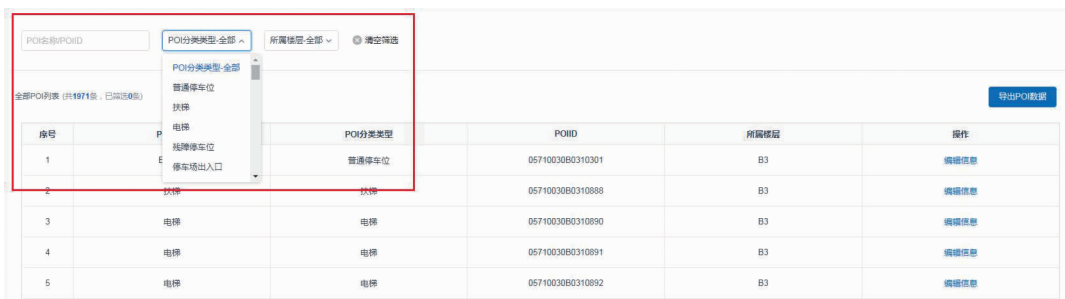


图 12 后台 POI 管理

中可重新规划路线,使用户能够获得最优路线选择,降低通行时间成本;另一方面,通过规划算法使路径优先经过有展位区域,吸引更多到访人数,提高展会展览效益。

(4) 基于数据智能分析的精准营销

通过导航数据分析实现精准营销。对用户导航目标展位、POI 查询数据、各展位停留时间统计分析,可以得到各展位人气指数、受众用户情况,为未来展位招展、广告服务开展提供新的思路,实现精准营销。

以某次展览中某场馆用户导航数据为例,分析其具体应用价值,如图 13 所示。通过定位数据生成场馆内人员热力图,可知场馆东侧人员较西侧人员分布多,北侧人员较南侧人员分布多。探究其原因,展会入口位于东侧区域,大量用户在入口停留时间长,往西侧行走意愿较低,因此可在入口处加强西侧展位宣传,在导航界面推荐西侧展位信息,提高展位访客量。通过区域访客排行,可知 F2 保利展位人流量较大,该区域广告价值较高。除此之外,从用户历史 POI 查询记录可实现用户画像分析。综上,基于 BIM 的大型场馆室内导航系统能够有效提高场馆效益。

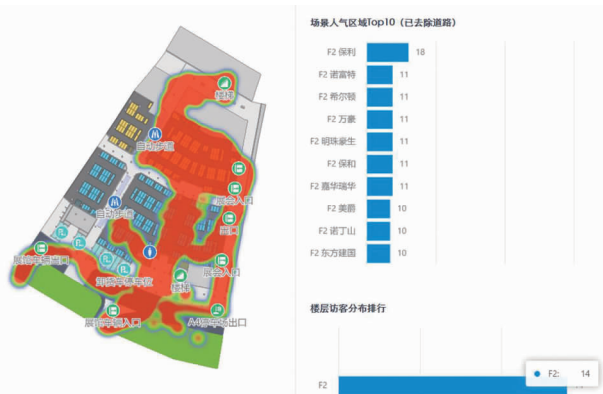


图 13 场馆人气区域访客热力图

4 结论

本文介绍基于 BIM 的大型场馆室内导航系统,结合某国际博览中心具体工程,实现三维地图展示、跨楼层室内导航、模拟导航、可视化后台管理、数据分析等功能,以满足人们在大型复杂场馆室内的导航需求。

在该导航系统中充分利用并发挥了 BIM 价值, BIM 模型中包含丰富信息,可从多维度对导航系统提供有力的信息支撑。借助场馆原有 BIM 模型,提供直观的建筑信息、展位数据、设施数据等,减少室内地图绘制工作。应用 BIM 虚拟漫游技术,生成仿真模拟导航动画,使导航更具可视性。利用导航系统数据进行数据分析与挖掘,服务于场馆运营,制定数据驱动的业务决策,打造智慧场馆。

进一步研究可考虑在导航系统中增加其它模块丰富功能,如紧急情况下的逃生路径规划。拓宽使用场景,衍生适用医院、机场等场所的室内导航系统。再进一步,随着智慧城市、城市信息模型(CIM)等概念提出,基于 BIM、GIS 的智慧城市导航应用也将是今后的发展方向,将定位导航技术与其它场景结合应用,例如定位模块与通讯技术相结合,针对突发性情况将位置通知到安保人员,实现工作人员在线管理、智慧巡检等应用。对重点区域进行管理,将定位标签与资产设备相绑定,实现设备资产定位管理,向室内室外跨场景、跨区域联合定位方向发展,实现智慧园区、智慧城市的建设。

参考文献

[1] 和钊. 医院室内位置服务技术方案的综合评价研究[D]. 浙江大学,2022.

[2] 柳景斌, 赵智博, 胡宁松, 等. 室内高精度定位技术总结与展望[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2022,47

- (07): 997-1008.
- [3] 蒋盼盼, 林琼, 谢林蓉. 一种改进的 Wi-Fi 位置指纹室内定位算法[J]. 通信技术, 2021, 54(09): 2132-2137.
- [4] 李华蓉, 彭映雪, 李海明. 室内楼层平面导航路网模型的自动生成[J]. 测绘通报, 2021, (04): 79-84+104.
- [5] 刘武平, 熊维茜. 一种基于多层导航网格的室内路径规划算法[J]. 测绘地理信息, 2020, 45(06): 18-21.
- [6] 孙群, 周晓光, 侯东阳. 室内三维建模研究进展与问题分析[J/OL]. 测绘地理信息: 1-5[2022-08-08].
- [7] 李清泉, 周宝定, 马威, 等. GIS 辅助的室内定位技术研究进展[J]. 测绘学报, 2019, 48(12): 1498-1506.
- [8] 赵俊华, 孟宇坤. 基于 5G 城市轨道交通站内外一体化导航系统设计及研究[J]. 现代城市轨道交通, 2022(07): 29-33.
- [9] Zhang H, Li G. Precise Indoor Path Planning Based on Hybrid Model of GeoSOT and BIM[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2022, 11(4): 243.
- [10] Qiu Q, Wang M, Xie Q, et al. Extracting 3D Indoor Maps with Any Shape Accurately Using Building Information Modeling Data[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2021, 10(10): 700.
- [11] 贲腾, 杨庆峰, 赵思寒, 等. 浅析 BIM 虚拟仿真模拟漫游技术在建筑设计中的应用[J]. 科技创业月刊, 2017, 30(2): 139-140.

Research on the Design of BIM-Based Indoor Navigation System for Large-Scale Venues

Wang Junmin¹, Xu Zisheng², Bai Gang¹, Sun Xiuyu², Zhou Ying²

(1. Wuhan New City International Expo Center Co., Ltd., Wuhan 430050, China;

2. School of Civil and Hydraulic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the increasing scale of large public buildings and the increasing time of indoor activities, the demand for indoor navigation services is growing. To fill the gaps of current indoor navigation system, this paper uses the rich 3D information which included in the building information model to build a BIM-based indoor navigation system for large venues. This paper designs the overall system architecture for indoor navigation system and achieves the functions of 3D map display, cross-floor indoor navigation and simulation navigation by using four modules: map management, positioning management, path planning and background management. It was specifically implemented in an international expo center navigation project. The system can satisfy the demand for indoor navigation services for large venues, while storing and analyzing navigation data, which can promote the development of smart parks and smart cities.

Key Words: BIM; Indoor Navigation; Human-vehicle Navigation; Large Venues; Smart Cities