

# 全息位置地图概念内涵及其关键技术初探

朱欣焰<sup>1,2</sup> 周成虎<sup>3</sup> 吴维<sup>1</sup> 胡涛<sup>1</sup> 刘洪强<sup>1</sup> 高文秀<sup>4</sup>

1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430072

2 武汉大学空天信息安全与可信计算教育部重点实验室,湖北 武汉,430072

3 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室,北京,100101

4 深圳大学建筑与城市规划学院,广东 深圳,518060

**摘要:**针对在泛在信息与大数据时代下,传统数字地图存在的局限性与面临的挑战,本文在原有概念基础上,拓展了全息位置地图概念内涵,即在泛在网环境下,以位置为纽带动态关联事物或事件的多时态(multi-temporal)、多主题(multi-thematic)、多层次(multi-hierarchical)、多粒度(multi-granular)的信息,提供个性化的位置及与位置相关的智能服务平台;基于上述内涵,本文阐述了全息位置地图的重要组成与特征,并就泛在信息获取、语义位置关联和多维动态场景构建与表达等 3 个方面的关键技术进行了探讨。

**关键词:**泛在信息;语义位置;位置关联;多维动态场景;室内外一体化;智能化服务

中图分类号:P208

文献标志码:A

地图是空间认知的工具,能在视觉瞬间发现事物和对象的空间存在关系<sup>[1]</sup>,人类活动离不开地图。随着社会经济和科学技术的发展,人类社会对空间认知的需求逐渐增多,地图的内涵与功能不断丰富与拓展,在人们日常生活中发挥的作用越来越重要。当今世界正进入泛在信息社会和大数据时代,智慧地球和智慧城市成为社会关注的热点,对地图的要求也不再限于电子地图的基本功能,而是需要地图能够更加智能化、个性化地为人类服务。

人类 80%到 90%的时间处于室内环境中<sup>[2]</sup>,而现有地图主要描述和服务于室外空间环境。随着城市建设的规模向空中和地下不断延伸,形态各异的建筑物日益呈现出大立体(地上、地下空间)、精细化(内部空间复杂)、高动态(日新月异)特征,促使电子地图设计与应用的焦点正逐渐从描述室外整体环境的宏观特征为主转向描述室内局部环境的微观特征,并力求实现室内外信息描述和应用的一体化。

大数据在近两年备受关注,过去两年所产生的数据量为有史以来所有数据量的 90%<sup>[3]</sup>。传感网、物联网和智能移动终端技术的飞速发展,极

大地丰富了人类获取信息的手段和内容,使任何人在任何地方都能通过泛在网络获取需要的任何信息,称为泛在信息<sup>[4]</sup>。但目前存在的关键问题是,这些信息彼此间分散独立,缺乏承载和综合利用泛在信息的途径。因此,需要构建统一的视图,实时动态地建立不同来源的空间和非空间数据之间的关联关系,并整合到一个可管理的环境中<sup>[5]</sup>。由于数据显性或隐性的网络化存在,数据之间的关联关系非常复杂且无所不在<sup>[4]</sup>。大数据中的一个重要组成部分是位置大数据(Location Big Data, LBD)<sup>[6]</sup>,据统计,世界上 80%的信息都与位置相关<sup>[7]</sup>,位置正逐渐成为一个组织各种定量和定性信息的核心概念<sup>[8]</sup>。那么,以位置为核心,通过位置来组织、描述和理解现实世界和虚拟世界中人、物体和事件之间的关系,实现多维时空动态信息的关联可能是解决上述问题的有效途径。

随着移动互联网与智能终端的普及,手机用户的增加使基于位置的信息服务用户需求也将越来越多样化和个性化,对服务体验的要求也越来越高<sup>[9]</sup>。因此,亟需一种更加智能化的新型地图来实时地获取并整合泛在信息,并基于空间位置分析、发现事物或对象之间的关联关系,在合适的

收稿日期:2014-06-17

项目来源:国家科技支撑计划资助项目(2012BAH35B03);国家自然科学基金资助项目(41271401);武汉科技计划资助项目(2013010501010146);武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室专项科研经费资助项目。

第一作者:朱欣焰,教授,主要从事空间数据库、空间信息服务等研究。E-mail: geozxy@263.net

通讯作者:吴维,博士,讲师。E-mail: guowei98032@gmail.com

时间和地点,以适宜于用户特征和需求的表現方式向用户推送合适的信息。基于上述考虑,周成虎等人提出了“全息位置地图”<sup>[10]</sup>。本文进一步拓展了“全息位置地图”的概念,将其从一种新型的數字地图提升为能够提供个性化的位置及与位置相关的智能服务平台,突出以人为本的服务宗旨,并在此基础上探讨全息位置地图的关键技术。

## 1 全息位置地图概念内涵

### 1.1 全息位置地图概念

全息位置地图是指在泛在网环境下,以位置为纽带动态关联事物或事件的多时态(Multi-temporal)、多主题(Multi-thematic)、多层次(Multi-hierarchical)、多粒度(Multi-granular)的信息,提供个性化的位置及与位置相关的智能服务平台。其宗旨是以“人”为本,根据用户的应用需求,基于位置来集成和关联适宜的地理范围、内容类型、细节程度、时间点或间隔的泛在信息,通过适应于特定用户的表达方式为用户提供信息服务。

其中,泛在网涵盖了传感网、互联网、通信网、行业网等网络系统,它们既是全息位置地图的信息来源,又是其运行环境。泛在信息是在泛在网环境下获取的事物或事件本身及其相关信息(如位置、状态、环境等),涵盖地球表面的基础地理信息、独立地理实体(如建筑物)的结构信息、地理实体间的关联信息、各行业的信息、人的自身及其喜好信息等。泛在信息能够直接或间接地与空间位置相关联,形成描述特定事物或事件等的总体信息。

位置(Location)是指现实世界和虚拟环境中特定目标所占用的空间。在现实世界中,位置可以用地理坐标表达的直接位置,也可以是地名、地址、相对方位和距离关系等表达的相对位置,用以描述地理实体或要素的所在地、社会事件发生地、移动目标的路径等;在虚拟环境下,用IP地址、URL、社交网络账户等形式描述用户登录或发布信息的位置等。

泛在信息通过位置进行关联,根据特定应用与需求,选择特定的时态、主题、层次和粒度来描述相关事物或事件的特征。“时态”反映了事物或事件随着时间变化的情形;“主题”是指从不同角度描述事物或事件;“层次”是基于事物或事件自身的层次或级别的划分来描述其相应层次的特征;“粒度”是指依据用户需求确定的描述事物或

事件信息的详细程度。

全息位置地图的“全息”包含以下两层含义:①前面谈到的泛在信息,指以位置为纽带,获取与关联位置相关的各种泛在信息;②通过位置全方位表达的各种场景信息,所表达的结果可以是不同观察者的视图,如人类、动物视图或机器视图,主要表达方式包括影像图、三维模型、全景图、激光点云、红外影像以及其他传感设备获取的多种信息表达形式,或它们的融合形式。

### 1.2 全息位置地图的组成

全息位置地图实时或近实时地从互联网、传感网、通信网等构成的泛在网中获取泛在信息,这些获取的信息通过语义位置在地图上汇聚关联。全息位置地图的表现形式多样,包含二维矢量、三维场景、全景图、影像地图等多种形式,并且实现室内室外、地上地下一体化。图1显示了全息位置地图的概念示意图。

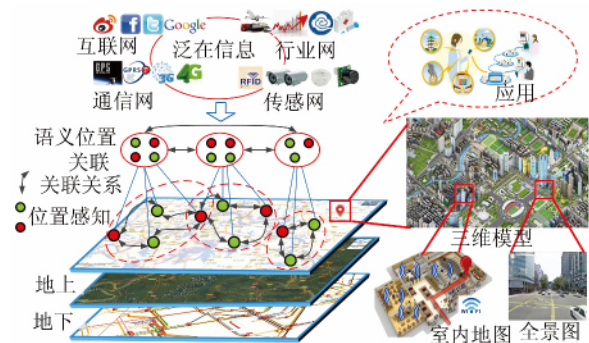


图1 全息位置地图概念示意图

Fig. 1 Location-based Pan-Information Map(PLIM)

全息位置地图强调以位置为核心将泛在信息映射到多维地图上进行汇聚、关联、分析、传递、表达。泛在信息是全息位置地图最重要的数据源,为全息位置地图提供数据支撑;语义位置作为泛在信息的核心元素,为全息位置地图提供有效的关联手段;多维动态场景应满足泛在信息及空间信息在时间尺度上的变化需求,为全息位置地图提供可靠的表达方式。因此,泛在信息、语义位置和多维动态场景表达构成了全息位置地图的三大核心组成部分。

1) 泛在信息。以互联网、物联网和传感网为基本组成的泛在网构成了大数据时代和信息社会重要的数据源。基于泛在的信息可以获取现实世界与虚拟世界中特定事物/事件的全方位信息。全方位信息是指从不同角度对目标事物/事件进行表达的信息,包括几何坐标、文本、地理标注等多种描述形式,既可以是空间上全方位(横向室内室外、纵向地上地下),也可以是时间上全

方位(包括过去的信息、现在的信息以及所预测的未来的信息)。

2) 语义位置。语义位置描述特定场景下空间位置的特征和含义,例如,一对地理坐标可用于描述在特定坐标系下地球表面上的一个点对象的所在地;一个相对位置描述的是某个共同认识的地理环境中两个或多要素之间的方位关系<sup>[11]</sup>。由于位置是泛在信息的重要元素,同时以位置关联各种泛在信息是一种有效的数据组织方式,而位置感知是指将来源广泛、类型复杂、时空参考异构泛在信息,在语义和知识层次透过位置进行深度感知关联,实现目标对象信息全方位发现。语义位置适用于泛在信息的时空关联,根据泛在信息位置抽取所获得的语义位置概念,按照层次、粒度、空间有效范围进行转换,并与全息地图中相应的层次、粒度、范围建立映射关系,实现泛在信息与全息地图空间实体的匹配。

3) 多维动态场景。作为泛在信息的承载载体,多维动态场景是在传统二维矢量、三维场景、全景图、影像地图等多种形式数字地图基础上,动态紧密融合各种形式地图和相关资源,实现在语义一致、空间拓扑一致和时空一致环境下的室内外、地上地下一体化,提供关于目标对象的全方位、多层次、多粒度的智能位置感知服务,并根据数据特征动态地表达目标对象的过去、现在以及将来可能发生的变化趋势。

概括地说,全息位置地图就是以位置为纽带,将泛在信息关联到多维动态场景中进行汇聚、分析、传递、表达和应用。

### 1.3 全息位置地图主要特征

通过对全息位置地图概念的理解,并与现有电子地图比较分析(表 1),归纳了全息位置地图

的 5 大特征。

1) 实时动态性。泛在网络环境提供了无处不在的信息,全息位置地图需要实时感知且动态获取来源于互联网、传感网、行业网、通信网,与事物相关的位置、状态、环境等信息,为大众和专业领域用户的信息服务和应用,例如购物、支付、教育、医疗卫生、社会安全等,提供快速、准确的数据支持。

2) 语义位置关联。全息位置地图以语义位置为核心,根据用户需求关联多领域的信息。传统位置服务综合利用多源位置数据存在位置描述能力不足,而语义位置内涵丰富,不仅包含地名、地址等地理位置,还包含电话号码、IP 地址等虚拟位置以及隐藏位置信息的自然语言,基于语义位置建立人、事、物的关联关系,形成位置关联网络,为用户提供个性化、智能化位置服务。

3) 室内外一体化。基于建筑物室内场景语义层级结构,实现室内对象的语法和语义整合;基于全息位置地图地图场景与存储模型以及数据整合方法,实现全方位、多尺度和多粒度的室内外地上下一体化综合表达和可视化。

4) 自适应性。全息位置地图以人为本,自适应地满足用户需求,提供智能化的交互方式。例如,当用户在某商场或周边漫游时,全息位置地图可以根据用户的特定爱好,实时推送用户感兴趣的特定商铺或商品信息。

5) 多维时空表达。全息位置地图涵盖多个学科且跨领域,向大众、政府、社会和私人企业等提供二、三维、四维地图(三维空间+时间)等多维表达形式。全息位置地图可以提供任意位置的过去的信息、现在的信息,并可以根据过去和现有的信息预测关于该位置的未来信息。

表 1 全息位置地图与传统电子地图的比较

Tab. 1 Comparison Between LPIM and Electronic Map

	全息位置地图	传统电子地图
数据类型	地理空间信息叠加专题数据,以及互联网数据、传感网数据等泛在信息	地理空间信息叠加专题数据,多媒体数据
数据的实时性	实时或近实时获取泛在信息	以静态信息为主
空间认知	揭示人、事、物之间的深度关联	将相关对象事物以空间坐标形式进行简单地图叠加
组织方式	通过语义位置模型关联各种信息	以传统地理坐标形式组织,没有考虑语义关系
室内/外一体化服务	在室外地图服务基础上提供室内外一体化服务,可应用于室内外一体化导航领域	少数提供局部室内地图服务,室内外一体化表达能力有限
自适应性	自适应满足用户需求,提供智能化的交互方式	面向大众用户或专业用户提供单一的地图基本功能,难以满足用户自适应需求

全息位置地图不是传统电子地图在理论、方法上的简单扩展,而是将其与现代信息技术结合起来的进一步创新,它提供了新的超越传统电子

地图的描述人类认知环境和信息的能力,也同时可以智能化地表达人们对客观地理空间规律的认识。

## 2 全息位置地图关键技术

作为一种新型的地图服务平台,对全息位置地图的研究尚处于起步阶段,其关键技术内容如图2所示。其中,语义位置关联以语义位置模型<sup>[11]</sup>为基础,动态感知泛在信息中存在的位置信息,并基于度量、方位、拓扑和语义等简单的位置关

联和通过时空分布、聚类模型和趋势预测等方法形成深层次的位置关联网络,实现全方位的语义位置关联。多维动态场景的技术框架则分别从场景模型与建模、表达与可视化等4个方面构建。本文主要对泛在信息获取、语义位置关联和多维动态场景构建与表达等3个方面的关键技术进行了初步探讨。

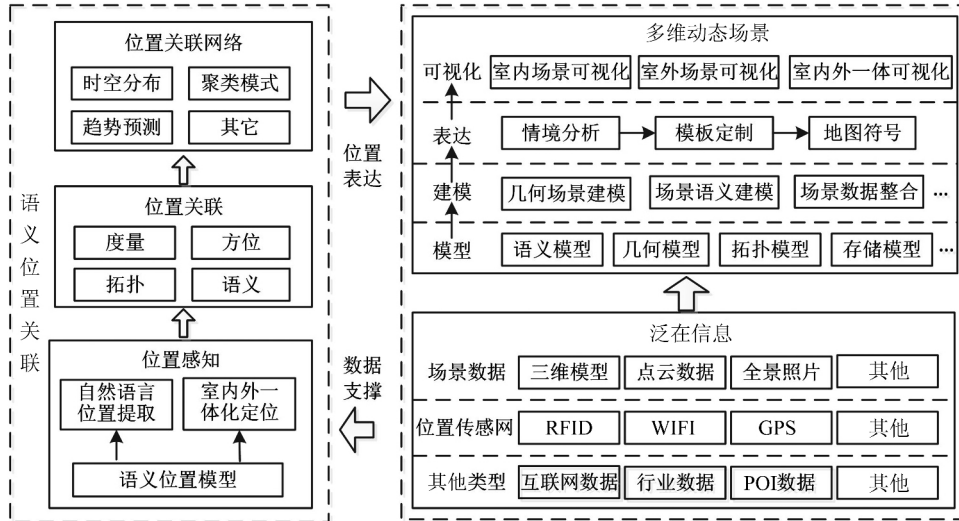


图2 全息位置地图关键技术内容

Fig. 2 Key Technologies of LPIM

### 2.1 泛在信息获取

现在的地图数据服务主要来源于专业测试部门和地图提供商,信息相对单一;同时,随着泛在网相关技术的不断发展,信息量越来越大,信息内容越来越丰富,因此,迫切需要一种有效的泛在信息汇集和融合手段,为全息位置地图提供数据支撑。

1) 基于迭加协议的全息地图数据汇集。随着互联网技术的不断发展,来源于互联网且与位置相关的信息越来越丰富,基于网络爬虫、Web-Service 接口和开放平台的 API<sup>[9, 12]</sup> 等数据获取手段也越来越多,然而与位置相关的大量信息利用率不到 5%。随着传感网技术的兴起,多源传感器数据(比如 CCD 图像、地面固定视频、地感线圈、大气温度和湿度等)也成为了泛在信息的重要来源之一。泛在信息的海量性、高速型、连续性迫切需要发展高效的数据汇集关联手段,实现位置关联、时态相关、主题融合的异构数据汇集关联技术与支持迭加协议的数据表达技术,从而为实现各种异构信息,如:动态交通信息、气象信息、POI 信息(商品打折、停车场车位信息等)、自发地理信息(VGD)信息(个人照片、个人轨迹等)等信息的汇集,建立全息位置地图数据库,为实现资源

共享、服务共享、发布共享提供数据支撑。

2) 多源异构泛在信息融合。为解决泛在信息的多来源、多维度、多尺度、异构、不确定性和不完备性等特点而引起的时间和空间不一致性、属性和语义不一致性的问题,需构建位置驱动的泛在信息融合框架。对于多源传感器数据,由于每个传感器提供的观测数据都是在各自的参考框架内,因此,需要建立统一的时空基准,实现时间同步和空间配准;由于传感器工作环境的不确定性和传感器本身的系统误差等原因,导致观测数据包含噪声成分,因此,需要能够对不完整、不一致的数据进行校正,保证融合结果能够真实反映客观环境;由于信息融合未形成基本的理论框架,融合研究皆是针对特定的应用领域的特定问题展开,基本的多传感器信息融合方法包括加权平均法<sup>[13]</sup>、Bayes 估计<sup>[14]</sup>、Dempster-Shafer 证据理论<sup>[15-18]</sup>、Kalman 滤波<sup>[19]</sup>、神经网络<sup>[20-21]</sup>、粗糙集理论<sup>[22]</sup>等。如何根据实际问题的特点,结合已有的融合算法确定合理的融合方案和融合模型,是进行信息融合的有效解决方案。

### 2.2 语义位置关联

语义位置关联是将来源广泛、类型复杂、时空

参考异构的泛在信息,基于全息位置地图语义位置模型,在语义和知识层次上通过位置进行深度感知关联,实现目标对象的全方位发现。

1) 语义位置模型。位置模型是位置感知应用中必不可少的部分,它能表达现实世界静态(如建筑物、洞室)或移动目标(如人员、车辆等)位置、距离、拓扑和方向等消息<sup>[23]</sup>。通过位置模型可获得物理世界丰富语义,使得位置知识变得可理解<sup>[24]</sup>。目前位置的描述与表达局限于物理位置、地理位置以及具有浅层语义内涵的语义位置<sup>[25]</sup>,表现为一定空间参考系统下的地理点信息或者范围信息以及具有浅层语义的地名或显著地标等。物理位置、地理位置与浅层语义内涵的语义位置在一定程度上描述了位置的语义,但缺乏对位置环境和位置关系以及位置规则的描述<sup>[11]</sup>。

位置模型表达了现实世界静态和移动目标的位置及其空间关系等信息。Becker 区分了 3 种位置模型,包括几何位置模型、符号位置模型以及两者结合构成的混合位置模型<sup>[26]</sup>。几何位置模型能够提供精确地位置表达和查询,但对于位置之间的语义关系支持不够<sup>[27]</sup>;符号位置模型善于表达未知空间关系,但无法很好地支持几何计算,

且建模代价较大,同样对位置之间的语义关系支持不够。考虑几何位置模型和符号位置模型只能表达有限的位置语义,一种能够表达位置语义的语义位置模型被提出,并用于满足位置感知和计算的需求。然而,现有的语义位置模型只是从物理空间建模的角度描述了位置概念、位置属性及位置之间的空间关系,距离完整表达与推理位置知识的目标依然很远。在反恐维稳任务中,常常存在犯罪分子位于“三点钟方向 100 m”或者“王府井百货大楼三层东南角”这样的位置描述,已有的位置描述模型无法描述和表达这种包含位置相互关系以及室内室外位置定位相结合的位置内涵,需要研究一种适用于泛在空间信息时空关联的语义位置模型,实现各种位置内涵的统一描述与表达。因此,朱欣焰等<sup>[11]</sup>分析了多源位置数据特征,从空间扩展、语言学扩展和网络扩展三个方面对位置认知进行了分类,并提出了基于几何位置和语义位置的位置描述方法,通过对位置描述的位置语义提取以及对场景模型中的现实世界位置信息提取构建位置特征与位置关系,实现语义位置建模,为查询、导航和计算等地图应用提供语义位置支持(图 3)。

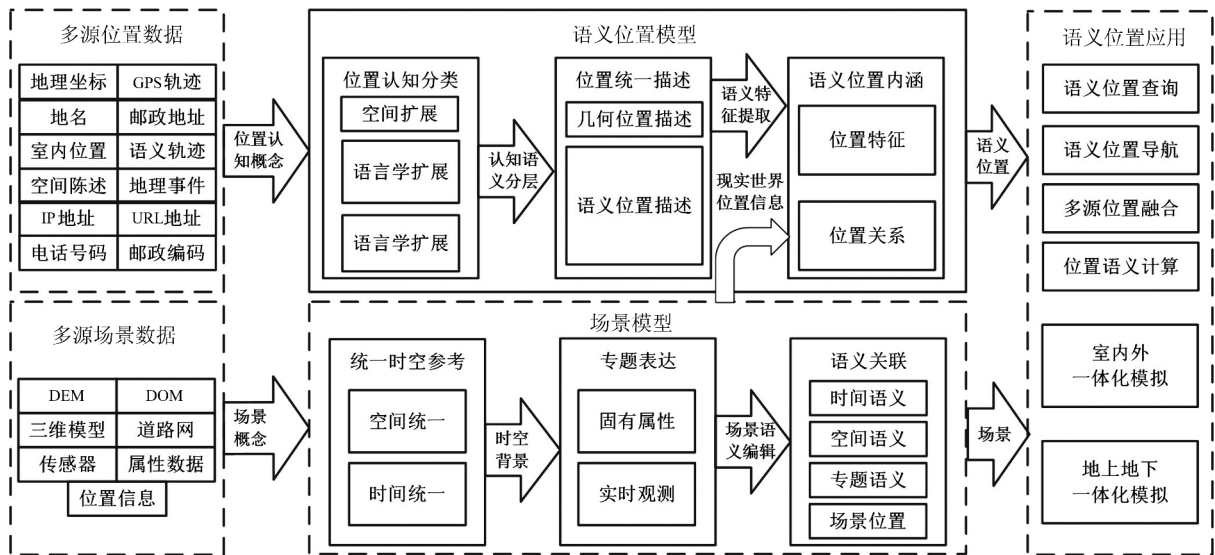


图 3 全息位置地图语义位置模型

Fig. 3 Semantic Location Model for LPIM

2) 语义位置感知。位置感知 (Location Awareness)是指通过一种或多种定位系统获取特定个体或物品的位置过程<sup>[28]</sup>。语义位置的感知方式既可以通过结构化的地理位置数据,也可以从图片、视频数据提取地理标签,而基于自然语言和定位设备感知位置信息是主要的数据来源。自然语言位置描述面向大众,满足各个层次的用户

需要,对专业知识要求较低。然而,自然语言的地址表述形式多样,或地址描述中包含复杂的空间关系(如吴家山向头湾大堤两三百米(往长丰方向)),或地址描述语句之间存在隐含上下文关系(如雄楚大道珞狮南路口,往井岗村方向 500 m 处,财源旅馆门口),或描述内容相对口语化,因此,需研究一种高效的自然语言位置理解与抽取

方法。由于位置信息表达具有一定规律,且语义均为获取位置信息,较为单一,适合采用基于统计和规则的方法,构建丰富的知识库,提供规则解析与匹配工具,消除同名或模糊地理实体歧义,实现基于自然语言的位置感知。

在基于定位设备的位置感知方法中,室外定位方法已相对成熟,比如由美国研发的全球定位系统(Global Positioning System, GPS)<sup>[29]</sup>,而我国自主研发的北斗系列卫星导航定位系统处于起步阶段;对于室内定位方法,还处于早起发展阶段,目前已有高校和公司展开了相关研究,其中广域室内定位技术的代表是北邮的 TC-OFDM<sup>[30]</sup>和澳大利亚的 Locata<sup>[31]</sup>等方案;局域室内定位技术则包括 Wi-Fi<sup>[32-33]</sup>、蓝牙<sup>[34-35]</sup>、ZigBee<sup>[36-37]</sup>、RFID<sup>[38]</sup>,以 Bytelight<sup>[39]</sup>为代表的 LED 定位,采用 UWB<sup>[40]</sup>的超宽带定位和以 MIT Cricket<sup>[41]</sup>为代表的超声波定位等解决方案。

3) 语义位置关联分析。语义位置关联分析是在语义位置模型基础上,动态汇集位置本身及与位置相关的信息,与人、物、事件等泛在信息建立关联关系,进一步展开位置语义及位置关联分析,实现一组通用的位置关系和时空模式计算方法,为案情分析、导航等应用奠定基础。语义位置关联分析采用时空关联分析、挖掘与定性推理等方法,从空间位置(地名地址及其地理编码)、空间形态、空间关系、空间关联、空间对比、空间趋势、空间运动、时间序列、时间周期等方面进行时空关联分析,探索获取泛在信息的时空分布、聚类模式、时空异常、趋势预测、同位模式、序列模式、周期等方面深层关联知识,基于位置或目标实体提供警务所需的全方位综合泛在信息。

### 2.3 多维动态场景

多维动态场景作为全息位置地图泛在信息的承载载体,在传统场景模型与建模方法基础上,研究基于位置感知的信息推荐方法以及面向用户自适应构建地图表达模型,解决室内外一体化几何、拓扑和语义非一致性问题,实现面向多模式集成的室内外一体化实时、快速可视化。

1) 基于位置感知的场景信息表达。由于全息位置地图面向多样化的应用场景,应用场景的差异性导致信息的表达内容与表达方式不同;另一方面,地图的信息承载以及表达能力有限,而以位置为核心的关联信息具有内容丰富,形式多样等特点,因此,如何在有限的地图空间中,高效地关联和表达满足应用场景需求的信息是研究的重点。基于位置感知的信息推荐是一种有效的解决

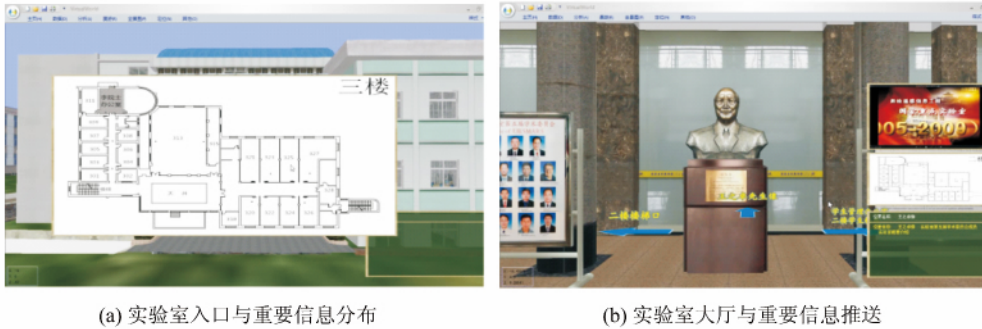
方案,根据用户的历史数据计算判断用户的偏好模式,综合用户历史/当前位置情景信息、主动向用户推送其感兴趣的内容,即场景需要表达的信息。其中,位置情景数据既包括用户的时空位置、时空环境等时空数据,也包括用户身份、状态、偏好等属性数据,以及应用场景特征等信息。如图4所示,以访问“武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室”为例,当访问者到达测绘遥感国家重点实验室门口时,系统推送以实验室为核心的重要信息,比如楼层的重要信息分布情况(参见图4(a));当访问者进入实验室大厅时,基于用户位置、朝向等分析,自动关联用户感兴趣的信息,比如王之卓先生的头像,二楼楼梯口以及研究生管理办公室等(参见图4(b)),这种关联随着位置以及应用对象的不同,自动推送的信息也不同。

2) 自适应地图制图。在新地理信息时代,地图可视化系统种类不断增多,应用领域不断扩大,如何根据广大用户特征和需求提供针对性的服务,“以用户为中心的设计”是当前地图可视化系统普及发展的需求<sup>[42]</sup>。自适应是对不同类型用户的适应性,根据用户的背景信息和用户交互行为信息建立用户模型,基于角色、情景和相关事件描述,设计统一的地图情境模型,通过层次、聚类、联合、地标等地理相关性计算,定制满足不同需求的地图可视化模板,实现自适应用户的地图表达。例如,面对室外导航的应用场景,由于显著性地理标识对用户能起到明显的辨认和区分作用,因此,对地图上显著性地理标识(如十字路口、著名建筑物等)给予显著性放大或特殊标记将对用户导航具有重要意义。

3) 室内外一体化建模与表达。针对全息位置地图室内外一体化需求,以多尺度时空模型为核心,结合以多态过程聚合的多层次事件,以及多细节层次模型和语义定义,构建室内外一体化综合模型。针对室内外场景数据(真三维、全景、矢量、影像、拓扑等)的多源异构性特点,以及室内外一体化表达的需求,需从几何、拓扑以及语义等3个层次上构建室内外一体化场景,从而实现室内外一体化建模。室内外一体化表达依托于室内外一体化模型构建。由于室内场景与室外场景的表达层级与空间粒度的差异,需要采用不同层级的语义表达环境,不利于用户对全息位置地图场景的理解和使用,难以实现室内外空间的位置计算。因此,需要基于室内外一体化三维场景,以室内外空间尺度和粒度为中心,以室内外空间位置表达为核心,结合室内外各类地物对象的专题语义,从空间和语义两个层面上交叉融合构建室内外一体

化语义表达模型,实现室内外三维对象的多层次、全方位、多尺度、无缝的准确语义赋值;基于室内外一体化语义表达的位置计算方法,通过室内外过渡空间的连接,实现对室内外不同语义三维对

象之间或三维对象内部的位置解析与路径计算。在应急情况下,室内外一体化语义表达对建立合适的应急方案有很大帮助,并可以辅助警务部门对应急情况下人群疏散进行管理。



(a) 实验室入口与重要信息分布

(b) 实验室大厅与重要信息推送

图 4 基于位置感知的信息推荐

Fig. 4 Location based Information Recommendation

4) 多模式集成可视化。全景地图作为一种新的地图表现形式,能够进行实景模拟,并依据直观仿真的要求,快速在线展示整个现实场景。其次,具有几何准确性和照片真实感的室内三维场景模型在公共安全区域监控、突发事件应急响应等应用领域有着迫切的需求。因此,基于二维、三维、影像、点云、全景等地图模型,研究室内外一体地图可视化,实现室外与室内场景的无缝过渡;研究多种地图模式的无缝切换,实现多模式集成可视化,对突发事件发生时建立合适的应急方案有很大帮助,并可以辅助办案人员对作案现场进行侦查,快速标绘事故地点,跟踪动态目标,部署警力,实现科学决策。图 5 展示了全景影像与点云数据融合的效果,在彩色图像基础上增加了深度信息,实现了室内场景的可量测。

以警务位置信息为核心,综合利用人员信息、案件信息、警务信息等综合信息进行分析研判的解决方案,在派出所的警力即时调度指挥、社区警务、立体防控、警务分析和综合分析研判等方面展开了初步应用。

作为公安信息化过程中主要的数据来源,与案件相关的人、事、物、案数据类型逐渐多样化,数据容量也日益增长,空间数据以二维为主,如图 6 所示。其中,与人相关的数据包括常住人口、暂住人口、流动人口、境外旅客、重点人员、高危人员、网吧上网人员、旅店人员、民警信息等;与事相关的数据类型包括就诊记录、上网记录、自来水、用电量、煤气等;与物相关的数据包括 POI 数据、摄像头数据、消防栓数据、旅店数据、GPS 数据;与案件有关的数据包括接警信息,出警信息等。复杂多变的数据关联分析是当前警用地理信息系统的重点研究对象,也是提升公安核心业务(案件处置)水平的重要技术支持。



图 5 全景影像与点云数据融合

Fig. 5 Panorama Images and Point Cloud Data Fusion



图 6 人、事、物与案数据类型

Fig. 6 People, Event, Object and Case Data

### 3 警务中的典型应用分析

以公安信息化应用为背景,以公安信息通信网为依托,根据武汉市某派出所业务需求分析,结合全息位置地图概念内涵和关键技术手段,制定

面对较大容量、结构复杂、类型众多的公安数据,以“警情位置”为核心,汇聚、关联、分析、传递、

表达面向用户和应用需求的信息资源是一种有效的组织方式。在公安信息应用中,与位置相关的信息描述形式主要包括标准地理坐标、标准地址以及非标准化的自然语言。其中,与人相关的数据形式单一,具有地理空间坐标信息,而与物、与案件相关的数据通常以标准地址或非标准化的文本形式呈现。口语化、非标准的自然语言地址描述是当前案件处理过程中最普遍的描述形式,比如,“大智路新鸿基花园 30 楼 3102 室”。基于语义位置感知关键技术,将自然语言地址描述解析为标准地理空间坐标位置,图 7(a)展示了将警情、摄像头、旅店、网吧等标准和非标准化地址转换后映射到地图坐标位置的效果。

基于动态汇集的位置信息,建立案件与案件和案件与人员的关联关系,不仅可以展示时间、空间范围内发生在某区域内的同类型警情,也可以显示警情周边范围内的重点人员位置以及历史轨迹(图 8),为警力部署和案件侦破提供重要决策

支持。对于简单的位置关联分析,仅考虑该位置的周围环境对其造成的影响,比如设置嫌疑人或逃犯的拦截点(图 7(b)),以事发地点为中心位置,根据道路的连通性与嫌疑人的移动速度等特征,分别在 3 min、5 min 和 10 min 可能到达的道路口设置拦截点,实现对嫌疑人的有效控制。而对于结合时空特征的多源位置关联网络分析,考虑多个位置之间的关联关系,能有效探索警情信息的时空分布、异常和趋势预测。比如犯罪热点分析,如图 9 所示,基于统计辖区内发生在道路上的警情总量,以红、黄、绿三种颜色标识警情总量占前三分之一、中间三分之一和后三分之一的道路,显著性的展示了犯罪率高发区域;对于刑事盗窃案件,则是按日、周或月统计的案件量在一段时期内波动趋势进行分析。基于位置的关联将来源广泛、类型复杂、时空参考异构的公安信息,在语义和知识层次上透过位置进行深度感知关联,实现公安应用中目标对象的全方位发现。



图 7 警情上图与犯罪拦截点分析

Fig. 7 Cases Mapping and Interception Deployment Analysis



图 8 关联分析图

Fig. 8 Association Analysis





图 9 警情热点分析

Fig. 9 Case Happening Hotspot Analysis

### 4 结 语

全息位置地图在泛在网环境下,以位置为纽带动态关联事物或事件的多时态、多主题、多层次、多粒度的信息,提供个性化的位置及与位置相关的智能服务平台。全息位置地图既克服了传统地图多是服务于室外空间,难以满足室内活动需求的缺陷,又实现了室内外一体化表达的应用要求。而且,全息位置地图提供了一个综合利用各种信息的平台,自适应地满足用户需求,实现了泛在空间信息的智能服务。随着智慧地球和智慧城市的逐步推广,将进一步推动全息位置地图的发展。本文旨在抛砖引玉,欢迎更多的专家学者参与到全息位置地图的讨论中来。相信随着关键技术的攻克,全息位置地图将会更好地得到发展,进而推动智慧地球和智慧城市的建设。

致谢:感谢项目组熊汉江、杜志强、苏科华、艾浩军、黄亮、余冰、樊亚新、熊庆等,以及该领域的专家李莉、朱庆、杜清运、李霖、叶信岳、郑文庭老师为本文提供的相关资料和提出的宝贵意见。

### 参 考 文 献

[1] Gao Jun. Let's Take Another Look at Map[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2009(1): 1-5(高俊. 换一个视角看地图[J]. *测绘通报*, 2009(1): 1-5)

[2] Goodchild M F. Looking Forward: Five Thoughts

on the Future of GIS[OL]. <http://www.esri.com/news/arcwatch/0211/future-of-gis.html>, 2011

[3] Li Qingquan, Li Deren. Big Data GIS[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(6): 641-644(李清泉, 李德仁. 大数据GIS[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2014, 39(6): 641-644)

[4] Qian Xiacong. When Ubiquitous Network is Real Ubiquitous[J]. *China Telecommunications Trade*, 2010(8): 38-40(钱小聪. 当泛在网真正泛在[J]. *中国电信业*, 2010(8): 38-40)

[5] Kamal K S. Powering the Next Frontier of Information Revolution[J]. *Geospatial World*, 2013: 32-35

[6] Liu Jingnan, Fang Yuan, Guo Chi, et al. Research Progress in Location Big Data Analysis and Processing[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(4): 379-384(刘经南, 方媛, 郭迟, 等. 位置大数据的分析处理研究进展[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2014, 39(4): 379-384)

[7] Williams R E. Selling a Geographical Information System to Government Policy Makers[C]. URISA, Fort Landerdole, USA, 1987

[8] Viktor M S. Big Data: A Revolution that Will Transform how We Live, Work and Think[M]. Hangzhou: Zhejiang People's Publishing House, 2013(Viktor M S. 大数据时代: 生活, 工作与思维的大变革[M]. 周涛, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2013)

[9] 中国互联网数据研究资讯中心. 199IT[OL]. <http://www.199it.com>, 2014

- [10] Zhou Chenghu, Zhu Xinyan, Wang Meng, et al. Panoramic Location-based Map[J]. *Progress in Geography*, 2011, 30(11): 1 331-1 335(周成虎,朱欣焰,王蒙,等. 全息位置地图研究[J]. *地理科学进展*, 2011, 30(11): 1 331-1 335)
- [11] Huang Liang. The Research of Modeling and Computing of Semantic Location Based on Diverse Location[D]. Wuhan: Wuhan University, 2014(黄亮. 面向多源位置信息的语义位置建模与计算研究[D]. 武汉:武汉大学,2014)
- [12] 微博开放平台. 微博 [OL]. <http://open.weibo.com>, 2014
- [13] Hackett J K, Shah M. Multi-sensor Fusion: A Perspective[C]. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Orlando, FL, USA, 1990
- [14] Luo R C, Lin M H, Scherp R S. Dynamic Multi-sensor Data Fusion System for Intelligent Robots [J]. *Robotics and Automation*, IEEE Journal of, 1988, 4(4): 386-396
- [15] Zhang Qi, Gu Weikang, Liu Jilin. Vision Information Fusion Based on Dempster-Shafer Evidence Inference Theory in ALV [J]. *Chinese Journal of Computers*, 1999, 22(2): 193-198(张奇,顾伟康,刘济林. 基于 Dempster Shafer 证据推理理论的 ALV 视觉信息融合 [J]. *计算机学报*, 1999, 22(2): 193-198)
- [16] Zhang Qi, Gu Weikang. Algorithm of Environment Understanding and Obstacle Detection Based on Multisensor Data Fusion[J]. *Robot*, 1998, 20(21): 104-110(张奇,顾伟康. 基于多传感器数据融合的环境理解及障碍物检测算法[J]. *机器人*, 1998, 20(21): 104-110)
- [17] Xiang Zhiyu, Xu Zezhong, Liu Jilin. Small Obstacle Detection for Autonomous Land Vehicle Under Semi-structural Environments [C]. Intelligent Transportation Systems, Golden, CO, USA, 2003
- [18] Xiang Zhiyu. An Environmental Perception System to Autonomous Off-road Navigation by Using Multi-sensor Data Fusion[C]. Neural Networks and Brain, ICNN&B'05, Beijing, 2005
- [19] Niwa S, Masuda T, Sezaki Y. Kalman Filter with Time-variable Gain for a Multisensor Fusion System [C]. Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, MFI'99, Tokyo, Japan, 1999
- [20] Zhu Xiaoyun, Yang Jiangang, He Zhijun. An Exponentially Stable Robust Tracking Control of Robot Manipulators[J]. *Robot*, 1997, 19(3): 166-172(朱晓芸,杨建刚,何志钧. 神经网络的多传感器数据融合基于新算法在障碍物识别中的应用[J]. *机器人*, 1997, 19(3): 166-172)
- [21] Li Yurong. Research on Information Fusion and Intelligent Process[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2001(李玉榕. 信息融合与智能处理研究[D]. 杭州:浙江大学,2001)
- [22] Lazar A, Sethi I K. Decision Rule Extraction from Trained Neural Networks Using Rough sets [C]. Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks, Saint-Louis, 1999
- [23] Shang Jianga, Yu Shengsheng, Liao Honghong. Research on Progress and Direction of Location Model in Ubiquitous Computing [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2011, 47(36): 1-4(尚建嘎,余胜生,廖红虹. 普适计算环境下位置模型研究进展[J]. *计算机工程与应用*, 2011, 47(36): 1-4)
- [24] Shen Changxiang, Zhang Huanguo, Wang Huamin, et al. Research on Trusted Computing and Its Development [J]. *Science China Information Sciences*, 2010, 53(3): 405-433
- [25] Zhao Dongqing, Li Xuerui. Location and Its Semantics in Location-based Services [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2006, 31(5): 458-461(赵冬青,李雪瑞. LBS 中位置及其语义的研究 [J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2006, 31(5): 458-461)
- [26] Becker C, Dürr F. On Location Models for Ubiquitous Computing [J]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2005, 9(1): 20-31
- [27] Li Dandan, Lee D L. A Lattice-based Semantic Location Model for Indoor Navigation [C]. Mobile Data Management, MDM'08, Beijing, 2008
- [28] Liu Yu, Xiao Yu, Gao Song, et al. A Review of Human Mobility Research Based on Location Aware Devices [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2011, 27(4): 8-13(刘瑜,肖昱,高松,等. 基于位置感知设备的人类移动研究综述 [J]. *地理与地理信息科学*, 2011, 27(4): 8-13)
- [29] McNeff J G. The Global Positioning System [J]. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 2002, 50(3): 645-652
- [30] Deng Zhongliang, Yu Yanpei, Yuan Xie, et al. Situation and Development Tendency of Indoor Positioning [J]. *Communications, China*, 2013, 10(3): 42-55
- [31] Locata Corporation PYT Limited. Locata Your Own GPS [OL]. <http://www.locata.com>, 2014
- [32] Mautz R. Indoor Positioning Technologies [D]. Habil; ETH Zürich, 2012
- [33] Cheng Y C, Chawathe Y, LaMarca A, et al. Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization [C]. Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile Systems, Applications,

- and Services, ACM, New York, USA, 2005
- [34] Hallberg J, Nilsson M, Synnes K. Positioning with bluetooth[C]. Telecommunications, ICT 2003, Tahiti, Papeete, French, 2003
- [35] Aalto L, Göthlin N, Korhonen J, et al. Bluetooth and WAP Push Based Location-aware Mobile Advertising System[C]. Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, ACM, Sweden, 2004
- [36] Sugano M, Kawazoe T, Ohta Y, et al. Indoor Localization System Using RSSI Measurement of Wireless Sensor Network Based on ZigBee Standard[J]. *Target*, 2006, 7: 54-69
- [37] Blumenthal J, Grossmann R, Golatowski F, et al. Weighted Centroid Localization in Zigbee-based Sensor Networks [C]. Intelligent Signal Processing, Alcalá de Henares, Spain, 2007
- [38] Ni L M, Liu Y, Lau Y C, et al. LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID [J]. *Wireless Networks*, 2004, 10(6): 701-710
- [39] ByteLight, Scalable Indoor Location[OL]. <http://www.bytelight.com>, 2014
- [40] Sahinoglu Z, Gezici S, Guvenc I. Ultra-wideband Positioning Systems [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008
- [41] MIT Cricket Club. Building a Community with Cricket[OL]. <http://web.mit.edu/mitcc>, 2008
- [42] Xie Chao. Research on the Key Technologies of Adaptive Cartographic Visualization[D]. Zhengzhou: Information Engineering University, 2007(谢超. 自适应地图可视化关键技术研究[D]. 郑州: 信息工程大学, 2007)
- [43] Qu Huamin, Wang Haomin, Cui Weiwei, et al. Focus+ Context Route Zooming and Information Overlay in 3D Urban Environments[J]. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 2009, 15(6): 1 547-1 554

## Preliminary Study on Conception and Key Technologies of the Location-based Pan-Information Map

ZHU Xinyan<sup>1,2</sup> ZHOU Chenghu<sup>3</sup> GUO Wei<sup>1</sup> HU Tao<sup>1</sup> LIU Hongqiang<sup>1</sup> GAO Wenxiu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

<sup>2</sup> Key Laboratory of Aerospace Information Security and Trusted Computing Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, China

<sup>3</sup> Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Beijing 100101, China

<sup>4</sup> School of Architecture & Urban Planning, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

**Abstract:** This paper analysis the limitations and challenges of the traditional digital map in ubiquitous information and big data era. We extend the original concept of a Pan-location Information Map (PLIM) that in the ubiquitous network environment. PLIM dynamically associates multi-temporal, multi-thematic, multi-hierarchical, multi-granular information about objects or events based on location, and provides a personalized location and location-related information service platform. Also, we describe the structure and characteristics of a new PLIM and demonstrate the key technologies in three aspects, including ubiquitous information acquisition, semantic location correlation, and establishment of a multi-dimensional visualization map.

**Key words:** ubiquitous information; semantic location; location correlation; multi-dimensional dynamic scenario; indoor-outdoor integration; intelligent service

**First author:** ZHU Xinyan, PhD, professor, specializes in spatial database, spatial information service, etc. E-mail: geozxy@263.net

**Corresponding author:** GUO Wei, PhD, lecturer. E-mail: guowei98032@gmail.com

**Foundation support:** The National Key Technology Support Program, No. 2012BAH35B03; the National Natural Science Foundation of China, No. 41271401; the Wuhan Technology Plan Program, No. 2013010501010146; the Open Research Fund Program of State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing.