

# 基于 IP 测绘与 GIS 拓展的互联网空间定位系统

修文群

(中国科学院深圳先进技术研究院 深圳 518055)

**摘要** 高速增长的网络犯罪、急剧膨胀的互联网资源及用户数量、不断涌现的“虚拟-现实”一体化的互联网新应用,以及针对网络行为的不确定性、超时空性及与地理环境间的复杂相关性的科学研究,需开发新型空间定位技术,将网络对象快速准确锁定于现实空间。本文以 IP 全局测绘与 GIS 虚拟扩展为手段,探索建立基于互联网的新型复合空间定位方法,内容包括:(1)扩展 IP 协议,开展 IP 测绘,建立互联网空间数据库,使之成为新型空间定位网;(2)扩展 GIS 数据结构,增加“网络维度”及“虚拟属性”,将 IP 作为第三维加入现有空间坐标中,实现网络空间与现实空间的动态连接。

**关键词** 互联网空间定位; IP 测绘; GIS 数据扩展

## Internet Space Positioning Method Based on IP Mapping and Extended GIS Data Structure

XIU Wen-qun

(Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, China)

**Abstract** The rapid growth of cybercrime, Internet resources and the number of users, the ‘virtual-reality’ integration of new Internet applications, as well as the uncertainty research for network behavior, chronosphere and the relation of geographical environment, are all needed to develop new space positioning technology to get cyber-objects quickly and accurately locked in the real space. By means of IP locating and virtual GIS, this article explores the establishment of new Internet-based composite space positioning system, which includes: (1) extend the IP protocol to carry IP surveying, establish Internet resource and user space database, setup a new space positioning network; (2) extend GIS data structure, add ‘cyber-dimension’ and ‘virtual attribute’, take IP as the third dimension to space coordinate system, dynamically connect cyberspace and real space; (3) use cybercrime as the research object, make spatial analysis for the composite data, reveal ‘virtual-reality’ space law for the crime fighting, prevention and comprehensive management.

**Keywords** internet positioning system; IP mapping; extended GIS data structure

## 1 引言

网络犯罪急剧上升,给国家安全、社会稳定、人民利益造成重大危害。与传统犯罪相比,网络犯罪具有广泛性、智能性、超时空、低成本、高危害等特点,给打击防范工作带来严峻挑战,导致高发案率、低侦破率之困难局面。要从根本上遏制网络犯罪复杂多变的蔓延态势,必须加强技术研发,提高警方工作效率与办案能力,在有效监管、准确打击的同时,积

极预防犯罪发生。

随着互联网资源及用户数量的高速膨胀,亟须实施“虚拟-现实”复合空间一体化管理,以提升网络性能和效率,优化网络结构及管理,促进可持续发展。

不断涌现的网络新功能,如基于位置的电子商务、电子政务、社交网络等,需要准确掌握网络对象与行为的空间位置并分析利用。

互联网的高覆盖率与智能性,使之可以成为新型全球空间定位工具,尤其针对“虚拟-现实”复合空间定位问题,将一切网络对象与行为锁定于现实环

境。在卫星定位、手机基站定位之外,增加新型空间定位模式及应用。

综上所述,建立互联网空间定位系统,用于保卫公共安全、优化网络管理、推动新型应用服务,具有重大的现实需求与广泛的应用前景。

另一方面,互联网带来传统空间的变革,对社会管理手段也产生了前所未有的挑战。由于上网者拥有双重身份、同时存在于虚拟与现实空间之中,因此需要探索复合空间特征规律。传统地理信息系统用于管理现实世界的有形实体,面对“虚-实”结合的灰度空间,如何进行有效的数据描述与计算,如何建立与之相适应的坐标体系、空间拓扑与操作机制,成为地理信息科学亟待解决的难题。目前地理学对互联网探讨多集中于网络实体及网络行为的现实影响,而复杂网络、网络拓扑等理论方法往往忽略网络节点的现实位置,造成“现实-虚拟”空间研究各行其道、相互脱节之局面。本文通过在现有GIS数据结构中增加网络维度,将IP作为第三维加入现有坐标系,解决网络对象与现实空间的互连接与互操作难题,在此基础上建立“虚-实”混合空间数据库,将各类网络对象及行为精确、实时映射于现实空间,从而使地理学、网络学具有集成研究的可能。

## 2 研究现状分析

国际上有关互联网空间定位研究涉及以下方面:打击网络犯罪的空间技术研究,赛博空间认知研究,针对“虚-实”空间对象及其行为的时间地理学研究,赛博空间制图及互联网拓扑关系研究等。

### 2.1 打击网络犯罪的空间技术<sup>[1]</sup>

如Martin进行的基于互联网IP地址的空间地理学研究,绘制英国互联网址拥有者地图,其中伦敦IP密度可精确到街区,包括重点域名所有者的分布状况。美国劳伦斯伯克利国家实验室通过Traceroute软件对互联网犯罪数据流动的路径进行监测,通过输出路由清单,有效追踪上网者真实位置并进行相关统计。Hirschfield在北英格兰开发犯罪空间分析及制图系统,针对犯罪高发区进行环境因素相关分析。在应用层面,通过GIS对网络犯罪进行监控分析、追踪定位、地图制作等应用已有成功先例。IP空间数据库在美英等国已进入实用阶段,如Visualware公司推出CallerIP,直接显示与系统相连的IP地址,将其所处的城市、街区、网络节点及注册信息等全部反馈出

来,并在地图上准确标注位置。

### 2.2 赛博空间认知<sup>[2-4,26-32]</sup>

对于赛博空间的研究,可归纳为网络空间地理内涵、虚拟社区、虚拟化身、网络空间可视化等领域,如Batty的虚拟地理研究揭示了网络空间的地理属性,Bakis指出“地理空间”和“网络空间”交织融合,称为“地理网络空间”(Geocyberspace)。虚拟化身理论认为网络空间人体重量消失,由无比化身所取代,可自由选择被呈现方式,个体是混合多元角色。伦敦大学空间中心进行“赛博地理学计划”(www.cybergeography.org),在线提供相关数据、互联网地图、web工具。哈佛设计学院开发网络3D可视化系统,对网民在线行为进行模拟研究。

### 2.3 基于时间地理学的网络空间分析<sup>[19-22]</sup>

Shaw等提出了关于网络个体“虚-实”交互行为的时空GIS框架,增加了虚拟维度,描述虚拟空间位置、坐标、互动关系等。开发时间GIS软件,进行“时-空-网”复合分析,将网络交互频率、交互时间与现实距离、时间轴线有效集成,进行相关、聚类分析,用于社交网络分析、网络行为与地理行为的关系研究。

### 2.4 赛博空间制图<sup>[24-25]</sup>

网络空间制图提供了理解网络空间及其与社会相互作用的途径。如同传统地图是表达地理知识和空间分析的最好工具,网络地图呈现出互联网建构出来的新空间疆域。Dodge认为理解网络空间地理的关键在于通过制图使其可视化。Cai尝试通过电信网络分析展现网络空间图像。Jiang探讨形象化、模型化扩展虚拟世界的方法。Batten提出了网络空间景观制图的若干法则。贝尔实验室及卡耐基梅隆大学联合主持的互联网制图项目,通过网络蜘蛛对网站链接进行动态搜索,结合Visual Web、Site Analyst等工具绘制网站结构及拓扑。DIMES(www.netdimes.org)是特拉维夫大学的分布式网络空间分析及地图制作项目,通过建立分布于世界各地的志愿者社区,进行基于网络通达性及数据流量的分析测试,以IP地址与AS自治域为单位,形成基于点、线的互联网拓扑结构关系图,在此基础上进行网络地图制作以及可视化分析。

### 2.5 互联网拓扑分析<sup>[8]</sup>

该领域具有代表性互联网组织CAIDA(Cooperative Association for Internet Data Analysis, www.caida.org),其目标是建造保持一个可扩展的全球互联网结构分析工具,CAIDA通过和商业、教育、研究、政

府合作，获取各类型互联网数据，然后通过分析、可视化来理解互联网拓扑、路由、安全、负载、性能以及经济学行为。CAIDA 的互联网拓扑研究包括拓扑测量，对被观测 ISP 的 AS 层次拓扑分析，以及针对路由研究的拓扑建模及可视化等。

### 3 当前问题与发展机遇

针对网络犯罪、互联网资源管理、互联网新型应用等，地理学研究者在理论架构与研究方法上进行了积极探索，但面临缺乏应用支持并存在技术制约，“数据难获得性，传统处理方法的不适应，新研究思维及创新方法开拓不足，影响到相关研究的顺利开展。研究地理空间与网络空间的互动机制，关键是找到具有网络空间特征的现实对象，进而通过揭示这些对象所蕴含的地理内涵，归纳其空间逻辑”<sup>[2]</sup>。目前理论研究与现实需求间存在脱节，一方面网络犯罪泛滥，但网络管理、追踪与监控仍采用人工手段，另一方面，GIS 无法有效获得、管理虚拟空间对象及其行为数据。本文认为问题在于：

#### 3.1 研究视角与思路

网络对象与网络行为的空间性研究目前仍属于边缘方向，地理学在赛博空间领域的兴趣点主要包括网民出行、电子商务、社交网络及网站信息流等，缺乏直接针对网络对象及行为的现实空间定位与分析，缺乏针对“虚拟-现实”空间的一体化研究。

#### 3.2 技术创新与集成

一方面，网络对象与行为的现实定位与追踪是制约当前网络安全的重大难题，另一方面，基于路由器、服务器的网络管理与地理位置无关，互联网缺乏现实空间定位能力。在 GIS 领域，目前没有专门针对网络空间及虚拟对象的专用技术，无法将网络对象、行为及其现实位置进行有效集成与动态管理。

针对网络空间定位及其与现实互动关系的研究，目前尚未引起学术界足够重视。由于专业分工（计算机、网络与地理学）、研究视角（现实空间与虚拟空间）、技术瓶颈（IP 定位、GIS 虚拟化）等因素制约，使该领域研究面临巨大挑战，也存在重大突破的可能。

## 4 研究内容

本文研究内容包括两个方面，如图 1 所示：  
在理论层面，为“现实-虚拟”空间搭建桥梁，

将网络对象、虚拟行为准确定位于现实环境，使之被有效纳入地理学研究范畴；在复杂网络、网络拓扑研究中增加地理位置信息；设计 CyberGIS 虚拟数据结构，对“虚-实”空间进行复合管理，促进 GIS 的“虚拟化”发展。

在技术层面，探索建立互联网新型空间定位系统。通过 IP 测绘实现互联网资源的现实定位，通过 GIS 扩展，实现“虚拟-现实”空间数据的一体化管理，在此基础上，建立互联网新型复合定位体系。

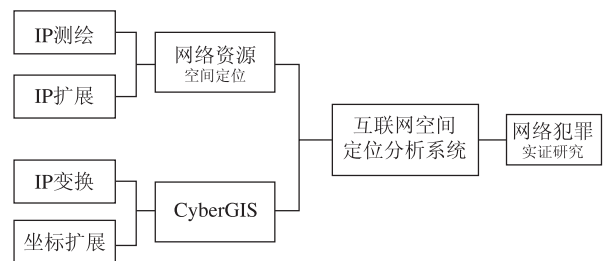


图 1 研究内容及技术路线

#### 4.1 互联网资源的空间测绘-室内外一体化定位方法

发明一种互联网资源的室内外一体化间接定位方法。通过室外 GPS 获得准确位置信息，以之为基点，通过激光测距测角，获得与室内目标间距离与方位，再通过坐标转换，获得被测量点位置。

#### 4.2 互联网资源的空间测绘-计算机位置信息及网络属性的自动采集

发明互联网资源（计算机、存储器、路由器、交换机等）的地理坐标及虚拟属性集成采集工具。采用室内增强式手机基站定位方法（A-GPS），实地测量网络节点的空间坐标。开发嵌入式程序，通过操作系统接口获取并绑定该设备网络标识（主板、网卡、CPU 及 IP 地址），将上述信息存储于采集工具，并进一步汇集于网络服务器，以实现网络资源的统一位置管理。

#### 4.3 基于扩展 IP 协议的互联网空间定位方法

扩充 IP 协议以支持互联网资源及对象的空间定位。在 IP 协议数据报头选项字段里，增加网络通信的源头、目标及中转各设备的实际地理位置信息（经纬度坐标，通过实测获得），同时建立地址服务系统，用于解析地名位置，从而形成一套以 IP 坐标为基础的互联网地理定位体系。

#### 4.4 基于 IP 扩展三维数据结构的 CyberGIS

以二进制变换后的 IP 地址作为第三维，扩展 GIS 数据结构，实现网络空间与现实空间的动态连接，将“地理维”和“赛博维”作为“复合维”统一管理，将网络对象坐标嵌入现有 GIS 系统中。

#### 4.5 基于“虚拟-现实”复合空间的互联网新型定位系统

针对现有定位技术的不足,在GPS、LBS之外,探索建立以互联网为平台的新型IP定位系统,用于

网络对象及事件的现实定位以及互联网资源的有效管理,其本质是互联网整体(资源、用户、行为)的地理坐标化,从而将上网者及其行为锁定于现实位置,如图2所示。

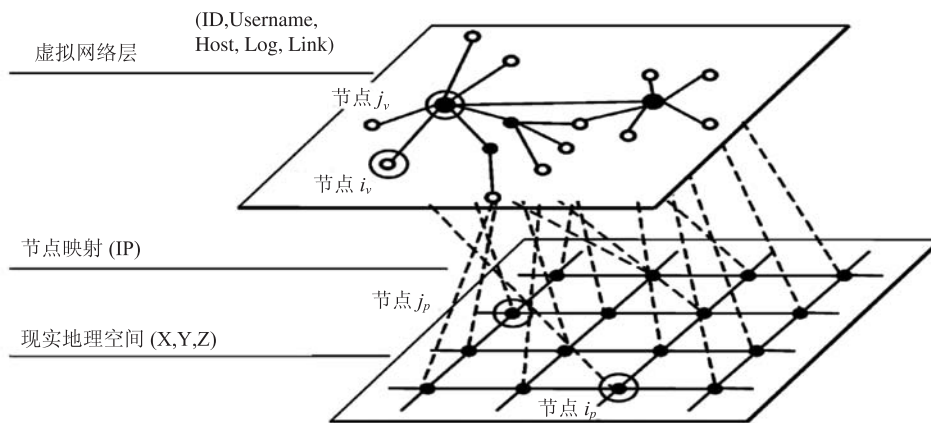


图2 以IP为纽带实现“虚拟-现实”复合定位原理

## 5 技术路线

### 5.1 互联网资源的空间测绘-室内外一体化定位

互联网资源空间定位是一个难题,红外、超声波、蓝牙、WiFi、RFID、ZigBee、蓝牙和超宽带等,在定位原理与准确性上均存在难以克服的局限性。本文改变传统思路,将GPS室外定位与光学测距、测角有机结合,以室外定位为参考点,通过测量目标点与其之间的相对距离与方位,间接确定目标点的室内

精确位置。定位装置由室内节点与室外节点共同组成。首先获得室外节点GPS绝对值,然后通过激光测距、电子测角,确定室内待测点与室外参考点间的距离与角度,通过换算得出待测点准确位置。

定位装置包括:室内测量点(A)、室外测量点(B)、机械臂及软件系统组成,如图3所示。其中,室外测量点具有GPS定位功能与激光测距功能,室内测量点具有电子全站仪功能。

通过机械臂,一端固定在室内,一端将A点平稳

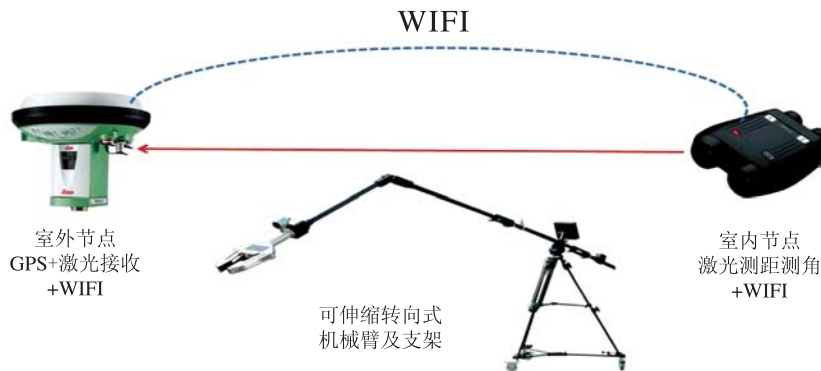


图3 互联网资源室内外一体化测绘工具

送出室外,保持位置不发生变化。

室外A点:GPS接收,激光发射,与B点数据交换。上述功能,通过目前已有市场产品的组合实现。室内B点:激光接收,测距,测方位,自动获得A点GPS数值,通过软件系统,换算成自身坐标,完成间接定位。软件系统,读入激光测距仪、角度测量仪的测量数值,通过简单换算,获得实测点的位置坐标。

激光测距仪,是利用激光对目标的距离进行准确测定的仪器。激光测距仪在工作时向目标射出激光,由光电元件接收目标反射的激光束,计时器测定激光束从发射到接收的时间,计算出从观测者到目标的距离。

电子经纬仪是利用光电技术测角,带有角度数字显示和进行数据自动归算及存储装置的经纬仪。带有

激光指向装置的经纬仪，是将激光器发射的激光束，导入经纬仪的望远镜筒内，使其沿视准轴方向射出，以此为准进行定线、定位和测设角度、坡度等。

### 5.2 互联网资源的空间测绘-信息自动采集仪

一方面，基站室内定位已成为室内有效定位的通用技术，其定位精度取决于室内手机信号强度及附近基站密度等要素。通过部署室内信号增强设备，可以获得较为可靠的定位效果。移动电话测量不同基站的下行导频信号，得到不同基站下行导频的 TOA (Time of Arrival, 到达时刻) 或 TDOA (Time Difference of Arrivalm, 到达时间差)，根据该测量结果并结合基站的坐标，采用三角公式估计算法，计算出移动装置位置。

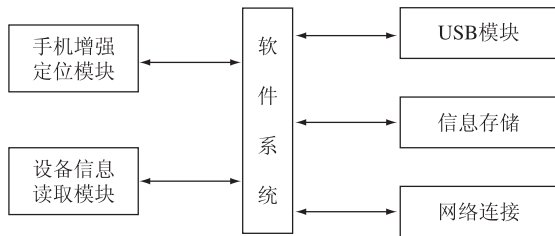


图 4 互联网资源空间-属性测绘仪结构

另一方面，通过设备通用端口(USB、串口等)与软件系统，获取计算机、服务器、交换机与路由器等网络资源的物理标识(如主板、网卡、CPU、硬盘序列号等)及 IP 地址等，是容易实现的技术过程。只需以系统管理员的身份登录，并通过程序开发或者通用软件读取相应系统函数即可。

表 1 IP 报头位置信息扩展示意

MAC	IP	TCP/UDP	HTTP/FTP/SMTP	DATA
MAC	IP longitude latitude	TCP/UDP	HTTP/FTP/SMTP	DATA

在网络设备网卡 IP 驱动程序中，增加该节点的经纬度字段，用于存储该点地理位置，并接受上级服务器的动态扫描与核实，如图 5 所示。

扩充 IP 报头可选项(40 字节)以存储空间信息。通过修改 IP 选项的方式增加对空间数据的支持，作为 IP 空间化最经济可行的方案，因充分利用了 IP 协议的扩展功能与保留字段，不会对现行数据传输结构与效率造成大的改动，具体如表 2 所示。

可选项(Options)是一个可变长字段。该字段属于可选项，主要用于测试，由起源设备根据需要改写。原始可选项包含以下内容：

- 松散源路由：给出一连串路由器接口的 IP 地址。
- 严格源路由：给出一连串路由器接口的 IP 地址。
- 路由记录：当 IP 包离开每个路由器的时候记录

本文将上述两种功能相结合，实现手机定位模块与设备信息读取模块的一体化，再通过编写程序实现数据的获取与存储，如图 4 所示。手机室内定位目前是成熟产品，为增加定位效果，将进一步配置室内信号增强器。

网络资源标识信息读取设备，通过串并口、USB、红外等多种方式进行连接。针对不同操作系统编写通用程序，读取电脑、路由器、交换机、存储器等标识，包括网卡、主板、CUP、硬盘号、IP 地址等。

### 5.3 基于扩展 IP 协议的互联网空间定位方法与系统

互联网位置服务目前尚属空白，网络数据传输一般不含位置信息，目前网络定位技术主要包括基于 IP 注册表的描述性间接定位法，其精度、广度、效率均难以达到要求。目前的 IP 协议，不包含节点的空间位置信息，本文在不改变 IP 传输原理及效率的前提下，通过对 IP 扩展项的自定义修改，使之支持空间信息，具备网络定位功能。

将 IP 报头中可选项，用于存储源头、目标及中转各点的地理位置信息(经纬度或坐标)。

本文将采取以下措施实现 IP 协议及地址的空间化：

将空间信息(经纬度 LAT, LON 或 X, Y 坐标值)加入 IP 报头中。对整个 TCPIP 协议栈的改动最小，IP 报头包含在互联网所有数据报中，因而具有极强的普遍性与强制性，从而使得一切 IP 数据传输都都有了位置信息，如表 1 所示。

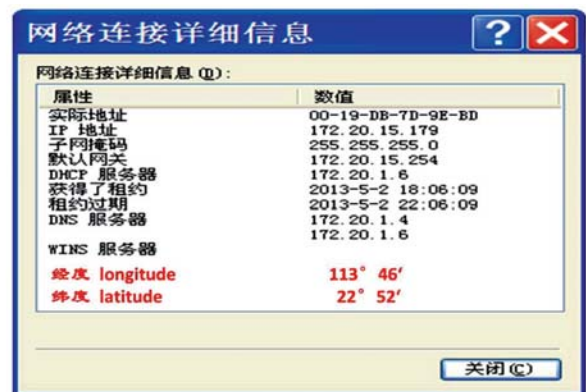


图 5 增加了地理坐标的网卡属性

路由器的出站接口的 IP 地址。

通过对上述可选项的内容进行修改，在原始项替换为以下内容：

表 2 IP 报头地理扩展技术方案

版本	头长度	服务类型	数据报长度	
数据报 ID		分段标识		偏移值
生存期	协议		校验和	
源 IP 地址				
目的 IP 地址				
IP 选项: 1 源 IP 地理坐标				
2 目的 IP 地理坐标				
3 路由各 IP 位置坐标				
数据部分				
净荷				

源 IP 空间位置信息(经纬度或 X, Y 坐标); 目的 IP 空间位置信息(经纬度或 X, Y 坐标);

路由地址记录: 所经过中间路由节点的空间位置信息(经纬度与 X, Y 坐标)。

通过对互联网设备进行全局测量定位, 获得各 IP 地址的空间位置信息。对于静态网络设备及系统(服务器、PC、磁盘阵列、路由器、交换机等), 可采用室内外一体化定位手段(GPS 及辅助方法)进行直接与间接测量, 对于手机及移动计算终端, 则可通过 LBS+GPS 等动态获取其空间位置。

对于各种网络设备驱动程序进行相关扩展, 将空间位置信息写入其中。扩展网络设备的网卡、端口的驱动程序, 增加经纬度、空间坐标填写项, 其数值接受网管系统的审核检测, 定期扫描匹配, 保证该地址的准确、真实、可用。以现有域名解析系统为基础, 建立互联网的地址解析体系, 用于“IP-坐标-域名-地名”之间的分布式管理、动态转换与层次查找。在路由器软件方面进行扩展, 支持上述协议的改动。在计算优化 IP 路由的同时, 有效存储并记录各节点位置信息, 并可实现基于位置的双向查询与历史回溯。

#### 5.4 基于 IP 地址扩展三维数据结构的 CyberGIS

传统 GIS 数据结构源于真实空间与有形实体, 虽然有结合复杂地理事物类型加以扩充, 但针对虚拟空间对象的定位及度量, 仍停留在探索阶段。面对互联网“虚-实”空间相互交织结合的态势, 应在传统 GIS 数据功能之上进行相关扩展, 其中关键是解决网络行为在现实空间的映射。IP 是一切网络对象存在的基本维度(网络空间坐标), 将 IP 地址准确记录在现实空间, 等于在虚拟空间与现实空间建立了相互对应的桥梁。本文在 GIS 传统二维结构(X, Y)基础上, 增加了空间对象的网络维度(IP 地址), 建立其“虚拟”

维度, 实现传统空间与网络空间的动态连接, 如图 6 所示。

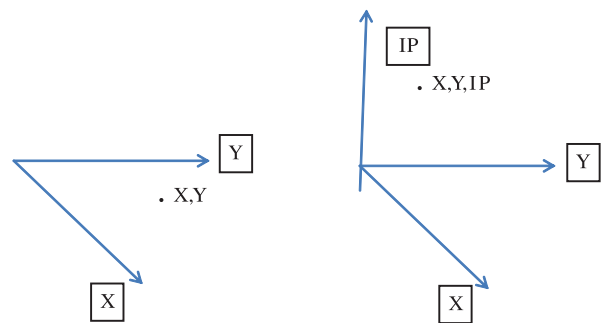


图 6 基于 IP 扩展的三维 CyberGIS

本文增加空间对象的 IP 地址及网络属性, 提供“虚-实”空间的数据管理与模型分析, 通过完整记录网络事件的虚拟坐标、现实轨迹, 进行复合查询、变化跟踪及发展预测。

虚-实集成的数据模型把现实空间(X, Y)、网络空间(IP)及其属性数据置于统一管理框架内, 实现网络空间对象及其行为的完整表达。本文对现有 10 进制 IP 地址, 按照“逢缺补零、去除点位”的原则, 转换为唯一整数值。通过上述变换, 将 IP 地址转化为唯一 Z 值, 有效纳入 GIS 三维坐标系中(X, Y, P),  $P=f(IP)$ , 如表 3 所示, 从而获得表 4 所示的新型混合空间 GIS 数据结构。

#### 5.5 互联网“虚拟-现实”复合空间的新型定位系统

互联网已成为覆盖全球的智能基础设施, 网络对象、行为具有“虚拟-现实”双重空间性。网络对象的匿名性、网络行为的超时空性, 使得其现实定位成为难题, 如各类网络犯罪等, 因而开发一种基于互联网的新型“虚拟-现实”混合定位系统势在必行。

当前的 GPS、LBS、WIFI 及传感网定位等, 只针对现实实体, 无法实现网络虚拟对象、虚拟行为的现实空间定位。同时, 需要对网络设施、网络资源(计算机、存储器、网络设备等)进行基于空间位置的动态管理, 开发一种基于互联网新型空间定位体系势在必行。目前基于 IP 地址表的互联网定位系统, 只能定位到区域级(如城市、社区等), 尚无法定位于微观现实条件下的网络资源实体, 更无法获得 IP 节点的精确空间坐标。

实现方式: 首先, 通过“GPS 辅助室内定位仪”采集计算机及网络端口空间位置, 其次, 在路由器、交换机乃至服务器中安装空间定位模块, 用于存储本机及子节点的空间位置信息, 第三, 将资源节点的位置数据纳入到 IP 协议中, 从而可根据 IP 地址快速确

表 3 IP 地址 2 进制向 10 进制转换模式

1	1	1	1
100	100	100	100
1.1.1.1---10010010001000			
1	11	111	111
100	110	111	111
1.11.111.111---100110111111			
255	255	0	0
255	255	000	000
255.255.0.0---255255000000			

表 4 新型 CYBERGIS 数据结构

X	Y	IP	ID	ATTRIBUTE
1	1	1.1.1.1	***	***
1	1	100100100100	***	***

定源头、目标之空间位置, 或者根据临近原则, 确定下属、临近点的空间范围。通过以上步骤, 使整个互联网上资源都具备被空间定位的能力。

技术方案: 互联网整体资源的地理坐标化。对于网络资源设备(网络主干到分支再到用户节点), 通过安装定位模块及实际测量, 获得其准确地理坐标, 将包括服务器、存储器、交换机、路由器、计算机等进行定位, 以此为基础坐标系, 建立一张新型定位网络。

安装互联网中心设备的定位模块。中心网络设备, 如地址服务器、路由器与交换机, 在其系统内增加空间定位模块, 用于针对其子网节点地理位置的存储与解析, 包括各计算机的绝对位置、相对位置、物理标识(主板、网卡、CPU)以及 IP 地址等, 将自身地理位置信息与下属节点信息统一存入位置记忆芯片或数据文件中, 用于网络度量与计算。

移动互联网设备空间定位。移动设备动态获取 IP 地址方式上网, 其空间定位分为两种情况: 一种是采用有线网络, 其上网位置对应于路由器与交换机端口, 故空间坐标可通过预先室内测量而获得, 并与 IP 地址绑定。一种是采用无线网(WIFI)或手机网络, 该情况下, 其空间位置可通过 WIFI 及 LBS 方式确定。

建立互联网地理空间解析服务器, 用于管理网络节点的空间位置及相关关系。

## 6 结 语

目前全球空间定位系统采取卫星定位为主、辅助

基站定位模式, 其针对户外、实体目标有效, 但对于室内、网络对象及虚拟行为则无能为力。当今互联网已覆盖全球主要城市并具备智能特征, 可被用于空间定位, 成为新型地面定位以及“虚-实”复合定位系统。

本文首次提出通过互联网进行全球定位的概念并设计了一整套相关方法, 从而使得互联网上的一切虚拟对象及行为能够被有效定位于现实空间, 在此基础上, 进一步实现互联网资源及用户的优化管理以及基于位置的新型应用服务。

## 参 考 文 献

- [1] 修文群. 基于 GIS 的网络犯罪空间管理系统设计 [J]. 地理研究, 2006, 25(5): 939-948.
- [2] 孙中伟. 中国信息与通信地理学研究进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2011, 30(2): 149-156.
- [3] 蒋录全, 邹志仁, 刘荣增, 等. 国外赛博地理学研究进展 [J]. 地理学研究进展, 2002, 11(3): 92-98.
- [4] 张楠楠, 顾朝林. 从地理空间到复合式空间-信息网络影响下的城市空间 [J]. 人文地理, 2002, 4: 20-24.
- [5] 汪明峰, 宁越敏. 城市的网络优势-中国互联网骨干网络结构与节点可达性分析 [J]. 地理研究, 2006, 25(2): 193-203.
- [6] 甄峰, 朱传耿, 赵勇. 信息时代空间结构影响要素分析 [J]. 地理与地理信息科学, 2004, 5: 101-106.
- [7] 孙中伟, 路紫. 我国“人文地理学以信息为对象的研究” [J]. 地球科学进展, 2006, 21(9): 925-930.
- [8] 杨望, CAIDA 提供互联网数据共享服务 [J]. 中国教育网络, 2008, 5: 27-28.
- [9] 张捷, 顾朝林, 都金康, 等. 计算机网络信息空间的人文地理学研究进展与展望 [J]. 地理科学, 2000, 20(4): 368-374.

- [10] 颜峻, 袁宏永, 疏学明, 等. 用于犯罪空间聚集态研究的优化聚类算法 [J]. 清华大学学报, 2009, 2: 176-178.
- [11] 陶海燕, 黎夏, 陈晓翔. 基于多智能体的居住空间格局演变的真实场景模拟 [J]. 地理学报, 2009, 64(6): 665-676.
- [12] 袁林旺, 闫国年, 罗文, 等. GIS 多维统一计算的几何代数方法 [J]. 科学通报, 2012, 57(4): 282-290.
- [13] 王磊, 周淑华, 袁坚, 等. 虚拟网络行为对互联网整体特性的影响 [J]. 物理学报, 2007, 56(1): 36-42.
- [14] 陈新保, 朱建军, 陈建群, 等. “多元”关联模式的时空数据挖掘 [J]. 中南大学学报, 2011, 42(1): 106-114.
- [15] 高刃, 唐龙, 伍爵博. 动态目标时空数据高效管理与分析研究 [J]. 计算机科学, 2011, 38(6): 195-199.
- [16] 谢文兵, 戴塔根. 一种基于信息素传递的 GIS 网络任务处理算法 [J]. 制造业自动化, 2011, 7: 151-154.
- [17] 王超, 赵文吉, 周大良. 基于 GIS 的犯罪分析系统研究与设计 [J]. 首都师范大学学报, 2010, 3: 47-52.
- [18] 耿莎莎, 张旺锋, 刘勇, 等. 基于 GIS 的城市犯罪行为空间分布特征及预警分析 [J]. 地理科学进展, 2010, 30(10): 1240-1246.
- [19] 申悦, 柴彦威, 等. ICT 对居民时空行为影响研究进展 [J]. 地理科学进展, 2011, 30(6): 643-651.
- [20] 周素红, 邓丽芳. 基于 T-GIS 的广州市居民日常活动时空关系 [J]. 地理学报, 2010, 12: 1454-1463.
- [21] Shaw S L, Yu H. A GIS-based time-geographic approach of studying individual activities and interactions in a hybrid physical-virtual space [J]. Urban Planning International, 2010, 6: 27-35.
- [22] Yu H, Shaw S L. Exploring potential human activities in physical and virtual spaces: a spatio-temporal GIS approach [J]. International Journal of Geographic Information Science, 2008, 22(4): 409-430.
- [23] Lin L, Eck J. Artificial Crime Analysis Systems: Using Computer Simulations and Geographic Information Systems [M]. Information Science Reference-Imprint of IGI Publishing Hershey, 2008.
- [24] Jiang B, Ormeling F J. Mapping cyberspace: visualising, analysing and exploring virtual worlds [J]. The Cartographic Journal, 2000, 37(2): 117-122.
- [25] Dodge M, Kitchin R. Mapping Cyberspace [M]. London: Routledge, 2000: 1-296.
- [26] Warf B. Segueways into cyberspace: multiple geographies of the digital divide [J]. Environment and Planning, 2001, 28(1): 3-19.
- [27] Barney W. Geographies of the tropical Internet: an overview [J]. Singapore Journal of Tropical Geography, 2007, 28(2): 219-238.
- [28] Barnett G A, Chon B. The structure of the internet flows in cyberspace [J]. Netcom, 2001, 15(1/2): 61-80.
- [29] Bakis H. Understanding the geocyberspace: a major task for geographers and planners in the next decade [J]. Netcom, 2001, 15(1/2): 9-16.
- [30] Walmsley D. Community, place and cyberspace [J]. Australian Geographer, 2000, 31(1): 5-19.
- [31] Batty M, Miller H. Representing and Visualizing Physical, Virtual and Hybrid Information Spaces [M]. Berlin: Springer, 2000: 133-146.
- [32] Kwan M P. Human Extensibility and Individual Hybrid-Accessibility in Space-Time: A Multi-Scale Representation Using GIS [M]. Berlin: Springer, 2000: 241-256.