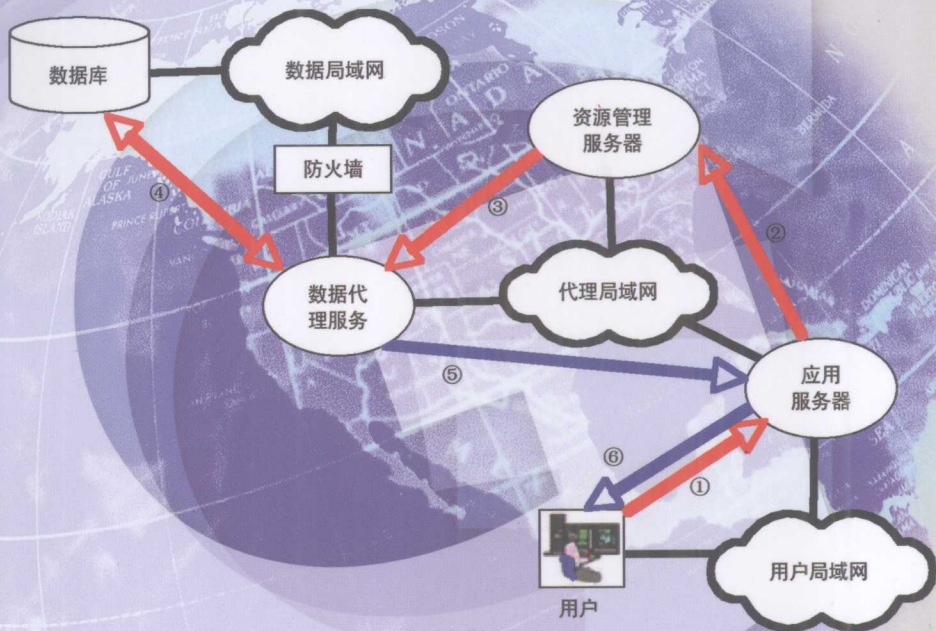




地理信息系统理论与应用丛书

地理信息服务导论

● 崔铁军 等著



地理信息系统理论与应用丛书

地理信息服务导论

崔铁军 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

地理信息服务是近年来的热点研究领域,是一门前沿交叉学科。本书全面介绍地理信息服务的产生、发展过程、服务模式、技术体系、结构框架和关键技术,重点讨论实时空间定位技术、数字通信技术和地理信息技术集成方法,探讨地理信息网络服务体系结构、功能、数据传输策略和应用开发环境,论述移动环境下地理信息服务终端的嵌入式硬件、嵌入式操作系统和嵌入式地理信息系统特点、要求及相关实现方法,最后介绍地理信息服务集成平台及其在经济建设中的应用。

本书条理清晰、叙述严谨、实例丰富,既适合作为地理信息系统专业或相关专业本科生、研究生教材,也可供从事信息化建设、信息系统开发等有关科研、企事业单位的科技工作者研究开发及阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息服务导论/崔铁军等著. —北京:科学出版社,2009

(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 978-7-03-024525-0

I. 地… II. 崔… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 066755 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2009 年 5 月第一次印刷 印张: 21 1/2

印数: 1—3 000 字数: 488 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路通>)

序

目前，传统的测绘技术已经被数字化测绘技术所取代，并且正在向以提供综合地理空间信息服务为核心的信息化测绘技术转变。地理空间信息服务的网络化、大众化和普适化正在成为主要的服务方式，也是测绘科学技术研究要解决的主要问题，得到学术界和产业界的普遍关注，已经取得了许多可喜的成果。崔铁军教授集十年研究成果撰写的《地理信息服务导论》一书，可以说是这些成果的集中体现，可喜可贺！

《地理信息服务导论》的作者，从 20 世纪 90 年代末就开始“汽车自动导航系统”项目研发，研制了汽车自动导航系统硬件，开发了嵌入式地理信息系统（EGIS）软件，制定了导航地理数据生产标准，设计了数据生产软件，实现了利用全球定位系统（GPS）接收机的实时空间定位技术和 GIS 技术的集成，可以组成集 GPS 与 GIS 于一体的各种电子导航系统，而且针对 GIS 数据量大、计算复杂、移动环境下的硬件资源受限制等情况，研究了 GIS 功能裁减方法和地理信息数据压缩算法，并建立了有效的空间数据索引机制，成果在推广使用中收到了良好的效果。所以，此书的出版是理论与实践相结合的产物，具有丰厚的理论与实践基础。

《地理信息服务导论》一书系统介绍地理信息服务的产生和发展过程、实时空间定位技术及其集成应用、数字通信技术，论述地理空间数据的获取及其网络化管理、分发和应用服务，移动环境下的地理信息服务平台及其与地理信息服务的集成，并列举应用实例，体现多学科交叉融合的特点，内容丰富，实用性强，有重要参考价值。

该书书名为《地理信息服务导论》，我理解作者的用意。实际上，地理信息服务是一个十分广阔的领域，涉及多个学科、多种技术，技术集成复杂、数据量大且实时传输要求高，该书只是地理信息服务领域的一个“引子”，给该领域的研究留有很大的空间，还有很多问题需要研究，特别是随着网格技术的发展，地理信息网格服务还面临许多新问题，需要更多的人来研究解决。

从项目研究、实验、应用到该书的撰写，崔铁军教授花了十年时间，可谓“十年磨一剑”，这种精神在当前学术浮躁的情况下值得称赞！期盼年轻的学者们在踏实研究的基础上，出版更多的这类著作，共同推动地理信息服务的发展。

王家耀

2008 年 8 月

前 言

地理信息服务是国民经济和国防建设重要的基础信息保障。传统地理信息服务有两种任务：一是提供地球上任意点的空间定位数据；二是提供区域乃至全球的各种比例尺地图。随着遥感（RS）、地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）的广泛应用及通信技术的迅猛发展，测绘服务步入数字化、集成化和网络化的新阶段。地理信息应用从传统的国防建设、国民经济建设应用拓宽到大众公共服务和个人地理信息服务。

现代地理信息服务的任务除提供传统的各种比例尺的纸质的网络图外，增加了基于存储介质的数字产品（数字地图）服务和基于计算机网络的地理信息服务等新的模式。这种建立在计算机技术、网络技术、空间技术、通信技术以及地理信息技术基础上的现代网络地理信息服务，改变了早期以地图为载体的地理信息传递模式，大大缩短地理空间数据生产者与地理信息用户之间的距离，实现了地理信息服务的实时性。

地理信息网络化服务是把实时空间定位技术（惯性导航定位、无线电定位导航、GPS、北斗卫星导航和移动通信定位）、地理信息系统、移动无线通信技术（无线电专网、蜂窝移动通信和卫星通信）、计算机网络通信技术以及数据库技术等现代高新技术有机地集成在一起，实现地理信息收集、处理、管理、传输和分析应用的网络化，在网络环境下为地理信息用户提供实时、高精度和区域乃至全球的多尺度地理信息，对移动目标实现实时动态跟踪和导航定位服务的系统。

作者从1999年开始参与国家发展计划委员会“产业化前期关键技术与成套装备研制开发项目——汽车自动导向系统”的研制，开发了汽车自动导向系统硬件和嵌入式地理信息系统，制定了导航地理数据生产标准，并研制了生产软件，实现了利用GPS接收机的实时空间定位技术和GIS的空间地理信息技术的集成，可以组成GPS+GIS的各种电子导航系统。通过对计算机硬件、操作系统和地理信息系统功能进行裁剪和地理信息数据进行压缩处理并建立有效的空间索引机制，解决了GIS计算复杂、数据量大、在移动环境下的硬件资源受很多限制的难题。该项成果已经在国内推广使用，并取得了良好的效果。

针对在应用中用户提出车辆监控的需求，我们在移动终端增加了通信系统，利用现代通信技术将目标的位置和其他信息传送至地理信息服务中心，在地理信息服务中心数据库的支持下，解释获得的数据信息，进行事务性处理，在地理信息服务中心进行地理信息匹配后显示在监视器上，应答服务请求。地理信息服务中心还能够对移动目标的准确位置、速度和状态等必要的参数进行监控和查询。同时，系统是双向工作的，地理信息服务中心将命令信息通过数字通信发往终端接收设备，必要时地理信息服务中心可遥控终端接收设备，甚至直接操纵移动目标，从而有效地进行调度和管理。

车辆导航/监控系统的应用对地理空间数据需求越来越强烈，迫切需要现势性好、

精度高和大范围的地理空间信息。为了满足社会需求,必须改变既有的地理空间数据生产模式、技术方法和地理空间数据传输模式,使其从集中式孤立单位生产模式转变为网络化社会化生产模式,从基于存储介质的数字产品(数字地图)服务分发传输转变为基于计算机网络的现代地理信息服务的新模式。目前我国高精度、大区域的地理空间数据属于保密产品,地理空间数据生产、传输和使用有严格的保密等级限制。再者,地理空间数据生产需要投入大量的人力物力,必须受到知识产权保护。如何在保证数据绝对安全和数据生产者知识产权的条件下,在网络环境中建立一个多层次面向服务的系统?这正是作者近几年的研究内容。系统在研制过程中已经考虑到数据包将来在网络上如何保密传输的问题,采用了自主研发的网络通信协议,传送的数据包格式将具有独立和严格的保密性,最大限度地防止失泄密的发生。

作者近十年的教学与科研积累为本书的撰写奠定了坚实的基础,指导一批博士和硕士在该领域做了大量研究工作。例如,许志海(硕士和博士)关于车辆导航研究,张凌(硕士)、刘爱龙(硕士)、李玉(硕士)、张振辉(硕士)、邹方磊(硕士)和汪永红(博士)关于嵌入式地理信息系统方面的开发研究;郭黎(硕士和博士)、刘秋生(硕士)和张威(硕士)关于多源数据集成与融合方面的研究;夏启兵(硕士)、吴正升(硕士和博士)和高伟(硕士)关于地理空间数据库和地理空间数据引擎方面的研究;孙大鹏(硕士)关于无线通信和卢松杰(硕士)关于有线通信方面的开发研究;姚慧敏(硕士和博士)、肖圣海(硕士)、张玉杰(硕士)关于地形三维可视化方面的研究;李庆田(硕士)关于GPS道路数据采集方面的研究;段莉琼(硕士)关于道路最短路径分析方面的研究;和万礼(硕士)关于基于XML地理信息服务方面的研究;李懿麟(硕士)关于基于Internet网络地理信息分发方面的研究;张利(硕士)关于遥感图像处理方面的研究;胡艳(硕士)、张斌(硕士)、王玉海(博士)和陈应东(博士)关于地理信息服务框架结构、数据压缩和数据传输策略方面的研究等。还需要说明的是,本书在编著过程中吸收了大量国内外有关论著的理论和技术成果,书中仅列出了部分参考文献,未公开出版的文献没有列在书后参考文献中,而在正文当页下方作了脚注,这里向所有文献作者致谢。

参加本书写作的有郭黎、王玉海、张斌、吴正升、汪永红和崔红军等,其中,郭黎负责第5章多源地理空间数据集成;王玉海负责第7章地理空间数据网络传输策略;张斌负责第8章地理信息网络服务平台;吴正升负责第4章地理空间数据获取与分布式管理;崔红军和汪永红负责第9章地理信息移动服务平台;其他章节由崔铁军负责。全书由崔铁军最终定稿。在本书撰写过程中,刘灿由、王豪和蔡畅等协助完成了初稿校对等工作。对此,作者向他们表示衷心的感谢。

地理信息服务是一项涉及多专业、多用户、多数据的综合性研究课题,需要一个强大而又有效的硬件环境、软件环境和海量多尺度地理空间数据支持,利用现代通信技术实现多类数据的快速传输,解决和研究实时空间定位、一体化数据管理、集成化系统设计以及空间数据可视化等技术难题。但由于本人水平有限,再加上地理信息服务技术还处在不断发展和完善阶段,书中错误在所难免,希望相关专家学者及读者给予批评指正。

值此成书之际，作者要感谢解放军信息工程大学测绘学院训练部和地图学与地理信息工程系领导的支持，感谢课题组成员董延春、陈应东、姚慧敏和历届博士生、硕士生在地信息服务研究方面所作出的不懈努力。本书的撰写得到科学出版社朱海燕和韩鹏编辑的热情指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

作者

2008年8月于郑州

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 地理信息服务概念	1
1.2 地理信息服务结构框架.....	12
1.3 地理信息服务关键技术.....	18
1.4 本书主要内容.....	20
第 2 章 实时空间定位技术集成	23
2.1 惯性导航系统.....	23
2.2 无线电导航技术.....	26
2.3 卫星定位系统.....	27
2.4 移动通信基站定位.....	34
2.5 实时空间定位技术集成.....	42
第 3 章 数字通信技术集成	49
3.1 移动数字通信.....	49
3.2 有线通信技术.....	64
3.3 通信平台的集成构成.....	78
第 4 章 地理空间数据获取与分布式管理	80
4.1 地理空间数据产品种类.....	80
4.2 遥感影像几何纠正.....	82
4.3 GPS 道路数据获取与处理	86
4.4 地理空间数据分布式管理.....	90
4.5 地理空间元数据.....	95
第 5 章 多源地理空间数据集成	102
5.1 多源地理空间数据产生根源	102
5.2 多源地理空间数据集成理论	110
5.3 多源地理空间数据集成方法	124
5.4 多源地理空间数据集成平台	130
第 6 章 地理信息网络服务体系结构	133
6.1 地理信息网络服务发展现状和趋势	133
6.2 Web Service 框架	141
6.3 Web GIS Service	147
6.4 地理信息网络服务体系结构和安全策略	156

第 7 章 地理空间数据网络传输策略	164
7.1 数据网络传输策略	164
7.2 图像数据的网络传输策略	169
7.3 地理空间矢量数据传输策略	185
7.4 地理空间数据传输策略	204
第 8 章 地理信息网络服务平台	208
8.1 地理信息网络服务平台用户群体	208
8.2 地理信息网络数据层功能	211
8.3 地理信息网络代理层功能	213
8.4 地理信息网络服务层功能	214
8.5 地理信息网络服务平台组件	218
第 9 章 地理信息移动服务平台	222
9.1 定位监控终端	222
9.2 自主定位导航终端	229
9.3 地理信息移动服务终端	251
第 10 章 移动目标位置服务平台	258
10.1 移动目标位置服务平台框架结构.....	258
10.2 位置轨迹数据时空管理.....	265
10.3 移动目标监控平台.....	269
10.4 移动目标位置服务通信协议.....	272
第 11 章 地理信息服务应用	276
11.1 公安信息系统.....	276
11.2 物流信息系统.....	289
11.3 城市综合管网信息系统.....	313
11.4 智能交通与交通信息服务.....	323
参考文献	327

第 1 章 绪 论

1.1 地理信息服务概念

1.1.1 地理信息服务产生

自古以来,人类在认识世界和改造世界过程中,所接触到的信息中有 80%以上与空间位置有关。人们在社会活动中必须实时回答“在哪里”和“周围是什么”两个与人类生活劳动息息相关的基本问题。因此,传统地理信息服务有两种任务:一是提供地球上任意点的空间定位数据;二是提供区域乃至全球的各种比例尺地图。

1. 实时定位技术的发展

实时回答“在哪里”。我们的祖先很早依靠观测天体(恒星、日、月、行星等)相对于地平面的高度(仰角)与相对于北向的方向角来确定位置和方向。随着指南针的发明产生了指南车,利用计算车轮和测量方向(航位推算)的方法确定自己的位置,至今航位推算方法仍是惯性导航系统(Inertial Navigation System, INS)中的基本理论。由于计算车轮测量距离和指南针测量角度存在误差,航位推算不可避免存在误差积累问题,因此,不能满足远距离或长时间航行以及高精度导航定位的要求。

实时定位问题真正的解决是在无线电技术发明之后。人们利用电磁波传播的三个基本特性:①电磁波在自由空间沿直线传播;②电磁波在自由空间的传播速度是恒定的;③电磁波在传播路线上遇到障碍物时会发生反射。把量算距离变成测量无线电传播时间差,利用三个已知点坐标和距离的空间后方交会可以解算出移动目标的位置。这种技术最早应用于近海导航,在沿海岸线建立一定数量的无线电导航台,如罗兰 C 导航台。由于大地和海洋对无线电波的吸收和地球曲率的影响,电波的传送距离受电台功率的限制,这种方式的导航距离受到一定的限制。

自 1957 年人类发射第一颗卫星开始,1958 年美国海军就着手卫星定位方面的研究工作,研制了子午仪卫星导航系统(Transit),并于 1964 年正式投入使用,并显示出巨大的优越性。把无线电定位基站由地面搬到空间,这不仅大大扩展了定位的覆盖范围,也提高了定位精度。由于该系统卫星数目较少(5 或 6 颗)、运行高度较低(平均 1000km),从地面站观测到卫星的时间间隔较长(平均 1.5h),因而它无法提供连续的实时三维导航。为了克服子午仪卫星导航系统存在的缺陷,满足军事部门和民用部门对连续实时和三维导航的迫切要求,1973 年美国国防部制定了全球定位系统(Global Positioning System, GPS)计划。历经约 20 年,于 1993 年全部建成。GPS 是新一代精密卫星导航和定位系统,不仅具有全球性、全天候、连续的三维测速、导航、定位与授时能力,而且具有良好的抗干扰性和保密性。GPS 以较好的定位精度、定位速度和定位可靠性及广域覆盖面成为空间定位的一种最好的航天技术。该系统的研制成功成为美国

导航技术现代化的重要标志，被视为 20 世纪继阿波罗登月计划和航天飞机计划之后的又一重大科技成就。美国政府取消了 SA 和 AS 技术之后，民用实时定位精度达到了 15~25m 的水平。GPS 通过对定位数据处理，可以在短时间内使定位精度达到厘米级，长时间观测下可以达到毫米级。随着全球定位系统的不断改进和硬件的不断完善，应用领域正在不断地开拓，目前已遍及国民经济各个部门，并开始逐步深入人们的日常生活。

鉴于导航定位对于军事具有决定性的作用和广泛的民用前景，苏联（现为俄罗斯）从 20 世纪 80 年代初开始建设与美国 GPS 系统相类似的 GLONASS 卫星定位系统。欧盟也一直在积极运作 GALILEO 卫星导航定位系统。我国于 2000 年年底成功地发射了第一代“北斗一号”导航卫星系统，这标志着我国已经具备了自主空间定位能力，技术发展已进入实用化自主开发阶段。

随着科学技术和武器装备的发展，卫星定位技术在军事上应用的安全性受到挑战。无线电通信的发明催生了移动通信。随着移动通信技术的发展，在陆地上建立了蜂窝式移动通信基站，人们利用这些基站通过复杂的数学模型，对移动通信网络数据进行精密计算，得出移动通信终端的经纬度坐标。这种基于移动通信基站的移动终端（手机）的定位功能，是当代移动增值业务中最具吸引力的业务，成为移动通信应用发展的新方向，也是第三代移动通信研究的一个重要方面。虽然目前移动通信终端的定位精度还达不到卫星的定位精度，但移动目标定位的成本和实用性比卫星定位具有较大优势。

2. 地理信息技术的发展

回答“周围是什么”最有力的工具是地图。地理（地球）空间信息以地图形式在纸介质上表示已有几千年的历史。地图出现甚至要早于文字。地图是地理空间信息的主要载体和传播工具。地图是一门古老的学问，从人类文明开始时就产生，但不管时代如何改变、科技如何进步，地图仍深深地影响着人类世界的每一个环节，而且是有增无减。

地理信息是描述地表形态及其所附的自然、人文地物特征和属性的总称，是地球系统各圈层物质要素存在的空间分布和时序变化及其相互作用的信息总体，具有定位、定性、时间和空间关系等特征，是人们认知世界、利用自然不可缺少的媒介。它在国民经济、军事国防、科学研究和公众服务中发挥越来越重要的作用，其应用的范围不断扩大。

随着计算机技术及其在信息领域的应用，地图由传统的模拟地图向数字化地图转变，数字地图与位置相关的社会信息（属性数据）相结合，用离散且有拓扑关系的坐标点串来描述点、线、面、体各种地理空间信息，出现了解决与空间信息有关的数据获取、编辑、显示、存储、转换、传输、管理、统计、分析与应用等问题的地理信息系统（Geographic Information System, GIS）。GIS 的载体是用来表示地理空间实体的位置、形状、大小及其分布的数据。GIS 的最基本特征是空间位置，它能把各种信息同地理位置结合起来，综合利用地图学、地理学、几何学、计算机等科学，将各种应用对象的应用技术融合为一体。GIS 在应用领域的发展沿着两个方向：其一仍是在专业领域（如国土、测绘、规划、军事、地学）的深化，由数据驱动的空间信息管理系统发展为模型驱动的空间决策支持系统；其二就是作为空间平台和其他信息技术相融合，通过分布式计

算等技术实现和其他系统、模型及应用的集成而深入到行业应用中。

地理信息系统是基于计算机技术和网络通信技术的解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析与应用等问题的空间信息系统。其技术优势在于它集地理（地球）数据采集、存储、管理、分析、三维可视化显示与输出于一体的数据流程，在于它的空间分析、预测预报和辅助决策的能力。

随着计算机网络通信技术产生、数据处理能力提高、体积和重量减少，地理信息系统正朝多维动态化、网络化、智能化和微型化的方向发展。多维动态化就是顾及三维空间（ X, Y, Z ）和时间（ T ）的三维动态 GIS，这是城市规划、资源开发利用、环境监测与治理、海洋、地矿、军事等领域的需求。网络化就是建立基于 Client/Server（客户机/服务器）结构的 GIS，使用户能在其终端调用服务器的数据和程序，或者通过互联网发展 Internet GIS 或 WebGIS，实现地理数据的远程互操作和互运算，并进行空间联机分析处理（Spatial Online Analytical Processing, SOLAP）和空间数据挖掘（Spatial Data Mining, SDM）。智能化就是要总结应用领域专家（或专业用户）的知识，研究知识的表达和基于知识的推理，以提高 GIS 辅助决策的智能化程度，或利用从空间数据库中挖掘的知识来支持遥感解译的自动化和空间分析的智能化、微型化。GIS 微型化主要运行在移动计算终端，一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序四个部分组成。嵌入式 GIS 是嵌入式系统的应用系统，是按特定的应用目的传统 GIS 裁剪。

3. 通信技术的发展

实现实时定位技术与地理信息技术集成的关键技术是数字移动通信技术。大多数地理信息服务应用中，如指挥调度、灾害应急系统、智能交通等，都要求空间数据和实现现场数据（位置、图像和地理信息等空间数据）与中心（服务器端）进行海量、实时、双向的信息交换。通信网络的实时性、可靠性和稳定性是系统集成成败的关键。

通信技术有两个规模相近的主要分支，即无线数据通信和由 Internet 等组成的高速有线通信。目前这两种关键技术正开始结合，构成一套无缝的无线通信系统，把无线通信的能力推到世界的各个角落。

1) 无线移动通信

蜂窝移动通信是无线移动通信的一种，其核心是频率复用，即多个用户共用一组频率，同时多组用户在不同的地方仍使用该组频率进行通信，从而大大地提高了频率的利用率。近几年，数字移动通信取得了令人鼓舞的飞跃发展，GSM（Global System of Mobile Communication）成为全球最成熟的数字移动电话网络标准之一。GSM 系统集中了现代信源编码等技术，同时引入了大量的计算机控制和管理，具有高频谱效率，安全性、稳定性好，集成度高，容量大，开放性接口，抗噪声性能力强，业务灵活，覆盖范围广，容易实现全国联网，小区无扰及漫游性能好，移动业务数据可靠率高等优点。

随着 GSM 系统向高速电路交换数据（HSCSD）和通用分组无线业务（General Packet Radio Service, GPRS）以及提高数据传输速率的 GSM 扩展（EDGE）等制式发展，数据传输速率将由 9.6Kbps 提高到 384Kbps 的水平，加上无线应用协议（WAP）

的实施，移动通信将可以与目前 Internet 互联，构成固定形式与移动形式并存的通信网络。以码分多址（Code Division Multi Access, CDMA）技术为基础的数字移动通信系统被称为第三代移动通信系统。它由扩频、多址接入、蜂窝组网和频率再用等几种技术结合而成，含有频域、时域和码域三维信号处理的一种协作，因此具有抗干扰性好、抗多径衰落、保密安全性高的特点。

集群通信系统是专用调度的移动通信系统，其特点是“频率公用”，即系统内用户共同使用一组频率。用户每次建立通话前首先向调度台提出申请，调度台将搜索到的空闲信道分配给该用户。集群通信为用户提供的业务有语音通信、保密语音通信、数据及状态信息传输。它具有多种呼叫接续方式，如移动台到移动台、移动台到调度台双向、有线接续等，呼叫类型有单呼、组呼、全呼，有无线互连呼叫。因此，利用集群通信的多种工作方式可以组建灵活的车辆监控系统。

2) 有线移动通信

为了更加便宜有效地处理和传送数据、语音和图像信息，电信网正由传统的电路交换网向基于 IP 的分组网转移。基于 IP 的分组网采用 TCP/IP 协议使得不同网络间的连接大大简化，而宽带 IP 网的巨大网络带宽和流量使信息流量大大增加，可以满足不同业务和大量用户的要求，这一点为海量的空间数据（特别是影像数据）的网上传输提供了可能。因此我们有可能处理更大的空间数据集、更高空间分辨率的遥感图像、更复杂的空间模型和地学分析，有可能得到更精确的显示及数据可视化的输出。

局域网（LAN）使得同一建筑内的数十甚至上百台计算机连接起来，使大量的信息能够以 $10^8 \sim 10^9$ bit/s 的速度在计算机间传送。广域网（WAN），尤其是 Internet 的迅速普及使得全球范围内的数百万台计算机连接起来得以进行信息交换，改变了人们传统的获取、处理信息的方式。随着计算资源的网络化，拥有个人计算机或工作站的广大用户，迫切需要共享或集成分布于网络上丰富的信息资源，以廉价获得超出局部计算机能力的高品质服务，并逐步实现计算机支持的协同工作。因此，在多个资源上进行分布式处理就变得越来越迫切。从简单的数据共享到多个服务的先进系统，大量的计算转移到了网络环境下的各种资源和个人桌面。分布式计算时代初露端倪，分布计算成为影响当今计算机技术发展的关键技术。

3) 卫星移动通信

卫星移动通信是在卫星通信、蜂窝移动通信、数字交换、传输技术以及计算机技术基础上发展起来的一种新的通信体制和通信业务。它把卫星通信网与地面通信网相结合，建成全球或区域性的“无缝隙”通信网络，能使任何人在任何时间、任何地点，以任何通信方式与任何人通信的理想变成现实。

4. 微电子技术的发展

近几年来，微电子技术及计算机技术迅猛发展，计算机、GPS 接收机越来越小。手持电脑、GIS 数据和 GPS 有机的结合产生了具有地理信息快速查询和导航的手持电子车载地图导航仪。它的最大优点是体积小、重量轻、耗电量少、携带方便，非常适合野外的需要。

5. 地理信息服务的产生

地理信息技术的发展把地图变成计算机可以识别和处理的数字，不仅保留传统地图的特色，而且进一步延伸了地图分析应用的功能，成为其他信息系统的重要组成部分。但没有空间实时定位技术，人们无法及时知道自己的位置，数字地图无法发挥其效益。反之，即使知道自己的空间位置，如果没有地理信息系统的支撑，也无法知道相关位置和周围地理空间环境。只有把实时定位技术所获取的空间位置与地理信息系统通过通信技术的有机集成，才能构成了完整的地理信息服务。

现代的地理信息服务是把实时空间定位技术（GPS和北斗卫星导航系统）、地理信息系统、移动无线通信技术、计算机网络通信技术以及数据库技术等现代高新技术有机地集成在一起，实现地理信息收集、处理、管理和传输的网络化，为地理信息用户提供实时、高精度的区域乃至全球的各种比例尺地理信息，对移动目标实现实时动态跟踪及导航定位服务的系统。计算机技术、实时空间定位技术、网络通信技术、无线通信技术以及地理信息技术的发展，改变了早期以地图为载体的地理信息传递模式。这种新模式大大开拓了地理信息系统的应用空间，从传统军事、国民经济建设应用拓宽到大众公共服务和个人地理信息服务，随时随地（Anytime、Anywhere、Anything）为用户提供连续的、实时的和高精度的自身位置和周围环境信息。

1.1.2 地理信息系统面临的问题

1. 数据生产和更新问题

地理空间数据是地理信息服务的基础。全球卫星定位系统的应用、各种专业地理信息系统、数字区域和数字城市建设对地理空间数据需求越来越强烈，迫切需要现势性好、精度高和大范围的地理空间信息。基础地理数据的生产主要由测绘部门承担。近十年来，测绘技术取得了前所未有的进步，基本实现了由常规大地测量技术向以卫星定位技术为主的复合测量技术的转变，解析摄影测量技术向数字摄影测量技术的转变，手工地图制图技术向数字地图制图技术的转变。测绘数字化建设形成了全面发展的势头，为测绘实现跨越式发展奠定了良好的基础。

但也应该看到，由于在我国高精度的地理空间数据还是保密产品，大众用户生产、使用地理空间数据的权限受一定的限制。一方面，地理空间数据的生产专业性很强，需要投入大量的人力和财力，有技术力量的部门受人力物力的限制所生产的地理数据难以满足用户的现势性需要，主要表现在两个方面：一是除本国的基本比例尺地形图，能提供国民经济建设和军事使用的其他地理信息产品既比较少又很不完善；二是未能很好解决包括基本比例尺地形图在内的地理信息现势性问题。再加上地理信息技术的标准化工作相对滞后，生产采用了异构的地理信息生产环境，导致不同系统之间无法进行有效的互操作，以致造成各种信息资源被存放在相互孤立的不同生产者手中，地理信息资源不能有效共享，从而使得地理信息资源的整体利用率较低，这些因素导致了众多的“信息孤岛”。另一方面，国家和军事测绘部门所生产的基础地理信息数据侧重于地貌、道路、水系、植被和境界等社会基础要素表达，很少涉及其他专业要素，也没有能力为其他专

业部门生产数据。

地理信息是其他专业信息系统（主要包括土地、资源、环境、规划、房产等，专业化公司如电信、电力等）的重要组成部分。但在其他专业信息系统中，往往需要 GIS 的部分功能。社会专业部门为建立本部门的专业地理信息系统，不得不投入巨资生产地理空间数据，不可避免地造成数据生产费用的重复投资。再者，随着社会发展进步，社会基础性建设加快，地理空间数据更新频率增大，地理空间数据的维护需要大量的专业人员和投入大量费用，以至于各专业部门维护数据困难，系统无法使用，出现了建得起用不起的现象。

目前，各个测绘部门地理空间数据库处于分散状态，孤立存放在各个单位，没有统一管理。地理空间矢量数据库还是以文件方式存放，数据的一致性和安全性存在很大隐患。大地控制点数据、重力场、磁场、航空航天遥感图像、各种比例尺矢量地图数据和专题图数据等彼此孤立，没有统一集成和融合处理，存在着精度和一致性问题。

解决这些问题的核心是基础地理数据生产和管理的网络化。在网络环境下建立分布式地理空间数据库，主要解决地理空间数据生产过程中数据资源共享问题。在网络数据安全机制和共享运营机制环境下实现数据提交、交换、申请、发布和使用的一体化，使用户能够在保障系统及数据安全的前提下，透明地获取或使用平台所提供的任何空间及非空间数据，实现数据更新维护实时化，提高数据的现势性。

2. 传统的地理信息系统面临问题

传统的地理信息系统是指具有特定功能的、相互间有机联系的许多要素构成的一个整体。用户在开发自己的专用信息系统时，即使仅仅用到整个系统 10% 的功能，用户也必须购买和维护整套 GIS 系统，这不仅造成项目建设资金的增加，也给其他专业信息系统的安装维护带来困难。

GIS 是一门交叉学科。GIS 工程开发、数据维护和系统操作需要专业性很强的技术人员。由于 GIS 技术人才培养数量满足不了社会的需求，以至于某些部门投入大量的人力和财力所建的系统，因缺少 GIS 技术人员维护而处于瘫痪，直接影响到地理信息产业发展的进程。

传统的 GIS 是一种集中式的软件系统，系统的开发多是基于具体、相互孤立和封闭的平台。就使用上来说，从基本的数据采集、组织、存储、管理到复杂的空间分析、信息查询与地图输出都集中在单一的操作环境下，因此其数据共享与信息交换十分困难，被称为“信息孤岛”。

从数据存储方式的发展上讲，地理数据经历了文件存储、图形和属性分开存储、独立数据库存储、商业数据库存储四个发展阶段，其发展动力一方面是网络计算和应用发展的需求，另一方面是 GIS 本身一直在追求如何更好地集中、统一管理空间和属性数据。由于 GIS 数据涉及图形和属性两种性质不同的内容，因此即便使用商业数据库进行数据管理，也需要进行复杂的设计和实现，所以异构环境下数据之间的互操作也成为地理信息应用系统集成技术难点和系统运行的瓶颈。

从体系结构的发展上讲，地理信息系统软件经历了单机环境、C/S 体系和 B/S 体系三个发展阶段，但鉴于 GIS 本身的一些特点，每次体系结构的提升都使 GIS 软件面

面临着巨大的难题，如大数据量的传输和分布式计算的稳定性、可靠性以及网络负载的平衡、数据库的长事务处理等。基于上述原因，GIS 软件系统的发展往往滞后于主流软件应用系统体系结构发展，使 GIS 与其他应用系统的集成成为技术难点和系统运行瓶颈。

按照传统的地图产品分发机制分发地理空间数据，已远远不能满足社会信息化的需求。用户希望通过网络使用空间数据和 GIS 功能。用户可以向远程的地理信息服务发出请求并提供请求参数，远程的服务中心处理用户请求，并将结果返回给用户。以数据为中心，重点研究空间数据的采集、存储、检索、操作和分析，生成并输出各种地理信息的地理信息系统，在网络环境下也难以担当重任，主要表现在：

(1) 数据组织方面。各个地理空间数据采用的软件、数据格式、数据存储和数据处理方法有着很大的差异，并且在数据语义上难以统一，系统处于一个相对封闭、孤立的状态，信息交换和共享十分困难，满足不了地理信息服务要求。

(2) 体系结构方面。随着各行各业、各个部门不断地建立与维护自己的 GIS 系统，数据维护费用太高，以至于系统无法运行。因系统体系结构的差异，各个部门系统之间进行数据交换和信息集成存在很大困难。

(3) 功能方面。实际的空间信息应用通常需要结合领域知识和业务需求，单一的分析功能来解决某些分析决策问题时往往力不从心，GIS 缺乏对功能的建模能力，与业务模型集成的手段有限、层次不高。

(4) 服务模式方面。由于空间信息表达和处理的特殊性和复杂性，GIS 从其诞生初始起就仅关注于空间信息本身，忽略了和其他信息的融合，服务模式单一，导致 GIS 系统至今仍然相对独立于其他应用系统。

3. 地理信息数据交换共享面临的问题

网络通信技术发展与应用为解决“信息孤岛”问题提供了必要条件。人们一直在思索如何解决传统的地理信息系统所访问的地理信息资源共享问题，在保护数据安全和知识产权的前提下，将在地理上分布、管理上自治和模式上异构的数据源有机地集成在一起，使 GIS 用户能够透明地获取任何空间数据，以及处理空间数据的功能和方法，通过数据服务和功能服务两种形式实现将最有用的信息，用最快捷的方法和最低的成本送给最需要的用户。但是高精度的地理空间数据在我国属于保密产品，地理空间数据的使用有严格的保密限制。同时，地理空间数据的生产需要投入大量的人力和物力，并带有生产者的知识产权。在保护数据安全和知识产权条件下，地理空间信息分发与服务应是在网络服务、宽带传输和超大规模数据存储等网络支撑环境基础上建立的一个多层次的地理空间应用服务体系。它应具有以下几个特点。

(1) 信息安全性。地理空间信息作为一种重要的国家和社会资源，逐步向社会开放与共享的同时，面临着信息本身、信息使用以及传播过程等方面的安全问题，特别是在地理信息网络服务中显得更为突出。数据生产者与数据使用者之间的网上传输，必须解决数据传输的安全。在地理信息服务中，应用可扩展标记语言 (eXtensible Markup Language, XML) 技术集成不同来源的空间数据，在中间层的服务器上对从后端数据层取得的数据进行 XML 转换和提取，然后使用标准的格式传送到客户端，这种传统 (商用) 的地理信息服务模式的优点是解决了空间数据的共享问题。其缺点是数据

安全得不到保障。因此，空间数据传输保密只有在空间数据格式上加密。GIS 开发者可以通过二次开发平台将网络上提供的数据下载到本机占为己有，再通过其他途径传播出去。如何解决地理信息服务中数据的安全和共享之间的矛盾是地理信息服务研究的重点。

(2) 开放性、互操作性和分布性。在异构环境下使用户能够屏蔽软硬件平台的差异，实现用户间的访问、不同应用和数据源之间的直接通信以及对分布的源数据和应用程序进行协同处理。

(3) 广泛的客户访问范围。在网络内任意一个 Internet 节点用户都可以同时访问。

(4) 良好的可扩展性和平台独立性，很容易与其他信息服务进行无缝集成，透明地访问地理空间数据。

4. 地理信息系统向地理信息服务的转变

地理信息系统到地理信息服务发展过程需要经历以下转变：

(1) 从面向数据到面向服务。传统的地理信息系统以数据为中心，重点研究空间数据的采集、存储、检索、操作和分析，生成并输出各种地理信息。系统的各个组成部分相互协作，完成空间数据各项处理功能，系统各个功能部分接合度高。地理信息服务要求地理信息系统由面向数据转变为面向服务，将地理信息系统拆分成若干完成特定功能的服务，这些服务可以独立存在，需要时可以任意组合，以适应地理信息系统集成的要求。

(2) 从面向数据重用到面向功能重用。传统的地理信息系统面向数据的重用，包括数据格式转换以及基于简单要素接口规范的互操作，封闭 GIS 系统间仅仅通过数据连通，无法实现进一步的 GIS 功能集成和互操作。地理信息服务要求面向服务的重用，不仅要求数据的重用与集成，而且要求功能的重用与集成。

(3) 从面向数据转换格式标准到面向服务接口标准。数据格式转换标准是传统地理信息系统实现空间数据共享的主要方式。基于数据格式转换的空间信息共享方法局限于数据的共享，随着网络技术的发展和 GIS 功能在各应用领域的渗透，不仅要求能够实现空间数据的共享，而且能够实现分布式环境中 GIS 功能的共享。基于接口规范的互操作方式为 GIS 数据和功能的共享提供了有效的解决方案，国际标准化组织地理信息技术委员会 ISO/TC211 和开放地理空间信息联盟 (The Open Geospatial Consortium, OGC) 对 GIS 互操作的理论框架和接口规范进行了大量的研究，经过近十年的努力，完成了众多接口实现规范和抽象规范，为 GIS 共享和互操作做出了极大贡献。

(4) 从面向专业用户到面向大众用户。到 20 世纪 90 年代后期，特别是数字城市概念提出以后，GIS 应用不再只是面向局部和少数人群，而是成为涉及居民生活、政府管理、商业娱乐等众多方面的大众型应用。传统的地理信息系统要求使用者具有一定的专业知识，具有一定的知识门槛，普通用户难以使用空间数据，造成空间数据和非空间数据的割裂。随着网络的发展，要求地理信息系统能够在网络上像提供非空间信息一样提供空间信息，让大众都能够像使用普通信息一样容易地使用空间信息。地理信息服务将空间信息的复杂性封装起来，通过接口以用户容易理解的方式提供服务。