

第四版前言

地理信息系统（GIS）是 20 世纪 80 年代兴起的一门综合性学科，空间信息服务是它基本的角色职能。目前，地理信息系统已在许多行业，如电力、水利、通信、交通、银行、城市规划、土地管理、资源环境保护等得到广泛应用。WebGIS 是地理信息系统的一个重要分支，它是 GIS 与 Internet 的有机结合。由于 WebGIS 应用的广泛性和广阔前景，许多高校已把它作为本科生和研究生的一门课程。

目前，针对 WebGIS 课程的专门教材比较多，但由于 WebGIS 受技术驱动的影响比较大，新的技术方向、开发框架不断推出，该类教材也需要不断与时俱进地修订。本书作者结合多年的教学、科研和工程项目实践经验，围绕 WebGIS 系统总结了国内外已取得的研究成果，紧跟当前最新研究动态，并进行归纳分类、分析、比较。同时，结合我国各高等院校地理信息系统教学的实际经验，融合各校近年来在 WebGIS 理论、技术方法、工程应用方面的成果，使得本书在知识的博与专两个方面得到适度的结合，力求在教学内容的选择与编排方面有所突破，便于学生有效掌握 WebGIS 的基本理论、基本方法和实验手段，为学生将来在 WebGIS 方面的研究与应用打下基础。本书具有以下特点。

（1）完整的概念层次讲解：尽管 WebGIS 技术发展迅速，但其基本的原理变化不大，本书首先注重概念层次的讲解，注重原理和方法论介绍，这些内容相对稳定，构成了本书基本的理论框架。

（2）全面、系统的知识梳理：WebGIS 的知识来源相当分散，过往的教材、学术期刊、会议报告、专业网站、开发者论坛都有涉及，因此，本书将这些零散的资料组织起来，充实到整个知识框架中，丰富相关内容。

（3）理论与实践相结合，重点介绍 ArcGIS Server 和 GeoServer 这两个 WebGIS 开发平台，达到将理论知识转化为实践技能的目的。

全书共 7 章：

第 1 章绪论，主要介绍 WebGIS 的基本概念。

第 2 章计算机网络的基本原理，内容包括计算机网络的发展和分类、网络的 OSI 体系结构、TCP/IP 协议、Web 开发技术等。

第 3 章 WebGIS 基本技术原理，介绍了实现 WebGIS 的几种技术方式，包括栅格切片原理、矢量切片原理、WebGIS 的空间数据组织方式等。

第 4 章 WebGIS 的技术方法，介绍了 WebGIS 应用的几种技术方法，包括 AJAX、SVG、WebGL、Web Service、OpenAPI、Sensor Web 等。

第 5 章移动 GIS，重点介绍了几种移动定位技术的原理（室外和室内）、移动空间信息服务的技术体系等。

第 6 章 ArcGIS Server 开发指南，介绍了 ArcGIS Server 技术架构、服务类型与功能、开发框架等。重点介绍了 ArcGIS Maps SDK for JavaScript + Vue3 的基本开发流程。

第 7 章开源 WebGIS 平台，以 GeoServer 为例，介绍 GeoServer 的安装、空间数据发布、数据格式处理、二次开发等。

本书部分章节配有源代码，读者可扫描二维码下载。

在编写本书过程中得到许多专家、同事的支持和帮助，在此表示感谢。

马林兵

2025 年 9 月

第二版序

自 20 世纪 90 年代以来,无论是在理论探索、教育培养还是行业应用方面,地理信息系统(geographic information system, GIS)在我国都取得了飞速的发展。而 WebGIS 是地理信息系统学科的一个重要技术分支,是 GIS 技术与互联网(Internet)技术的有机结合,是 GIS 从单机系统走向网络化应用的一个重大飞跃。由于 WebGIS 应用广泛且前景广阔,许多高校已把它作为本科生和研究生的必修(或选修)课程。2006 年 9 月,作者曾出版过《WebGIS 原理与方法教程》一书,6 年之后,WebGIS 的技术和方法有了许多新的发展,该书正是在前书的基础上,增订了许多新的内容,并且更加侧重于对 WebGIS 技术原理的阐述与开发方法的讲解,使得该书在整体结构和内容上有更多的现势性和新颖性。

WebGIS 是紧随着互联网技术而发展起来的,涉及很多互联网的网络开发技术。作为 GIS 领域的一个重要分支,WebGIS 在测绘、国土资源、城市规划和管理、环境保护和交通等部门得到广泛的应用,并且也是 GIS 进入千家万户、进入日常生活的一个重要途径。开放式 GIS(Open GIS)以及 GIS 互操作一直是 GIS 领域所要解决的问题,而 WebGIS 正是解决这一问题的关键环节。因此,越来越多的研究者开始进行 WebGIS 的相关领域的研究,生产单位、应用部门对 WebGIS 人才的需求也越来越大。

该书各章之间互有关联,各有侧重。除了介绍 WebGIS 的基本原理和相关方法外,还强调实践的重要性,通过 Web 服务器的使用、Web 网络开发技术的使用、WebGIS 应用技术的使用等实验性很强的内容,使读者由浅入深,逐步掌握 WebGIS 的基本原理和开发流程。近几年来,新的 WebGIS 理论和方法的发展很快,在密切跟踪这些发展动态的同时,将一些新技术、应用热点、发展方向适当引入,如基于可升级的矢量图像(scalable vector graphics, SVG)的 WebGIS、基于虚拟现实建模语言(virtual reality modeling language, VRML)的网上虚拟地形、海量空间数据发布的关键技术、分布式空间数据组织、基于 Web Service 的 Open GIS、移动 GIS、传感器网(sensor web)等。WebGIS 的具体实验不能脱离商业化的 WebGIS 平台,该书以指南的形式,用一定篇幅介绍了 ArcIMS(internet map server)、ArcGIS Server 这两个国外著名的 WebGIS 开发平台,使读者能够学习这两个平台基本的安装、调试、配置、开发等知识,并且能学有所长、学有所用,提高动手能力,为日后从事相关的工作打下很好的基础。

我们希望作者继续广泛收集国内外的相关资料,跟踪网格(Grid)技术和 WebGIS 相关的新方法、新技术、新应用、新动向,在将来的后续再版中,不断充实该书的内容、完善该书的体系,使该书成为 GIS 教学领域优秀的教材和参考书。

中国科学院院士



2012 年 4 月

第一版序

当今世界，以信息技术为主要标志的科技进步日新月异，知识经济的到来预示着人类的经济生活将发生新的巨大变化。20 世纪 90 年代以来，无论是在理论探索、教育培养还是行业应用，GIS 在我国都取得了飞速发展。WebGIS 是地理信息系统学科的一个重要的分支领域，是地理信息系统技术与因特网技术的有机结合，是 GIS 从单机系统走向网络化应用的重大飞跃。由于 WebGIS 应用的广泛性和未来的广阔前景，许多高校（包括中山大学）已把它作为本科生和研究生的必修（或选修）课程。目前，关于 WebGIS 的专门教材尚不多见，该书的出版很好地弥补了 WebGIS 教材的不足。

WebGIS 紧随着因特网技术而发展，涉及很多因特网开发技术，具有很强的实用性和可操作性。作为地理信息系统领域的一个重要分支，WebGIS 在测绘、国土资源、城市规划和管理、水利与水资源、环境保护、道路交通等部门取得了广泛的应用，并且也是 GIS 走进百姓生活的一个重要途径。开放式 GIS 以及 GIS 互操作一直是 GIS 领域所要解决的问题，而 WebGIS 正是解决这一问题的关键环节。因此，越来越多的研究者开始进行 WebGIS 相关领域的研究，生产单位、应用部门对 WebGIS 的人才需求也越来越大。

该书的作者结合了他们多年的教学、科研和工程项目实践经验，以 WebGIS 为中心，系统总结了国内外已取得的研究成果，紧跟当前最新的研究动态，并进行分析比较、归纳总结，结合我国各高等院校地理信息系统教学的实际经验，并融合他们近年来在 WebGIS 的理论、技术方法、工程应用方面的成果，使该书在知识的“博”与“专”两个方面得到适度的结合。纵观全书，它以 WebGIS 为纲领，向因特网（移动因特网）等多个领域延伸，结构清晰，体系完整。

全书共 8 章，各章之间互有关联，又各有侧重。除了介绍 WebGIS 的基本原理和相关方法外，该书强调实践的重要性，通过 Web 服务器的使用、Web 网络开发技术的使用、WebGIS 应用技术的应用等实验性很强的内容，使学生由浅入深逐步地掌握 WebGIS 的基本原理和开发流程。近年来，新的 WebGIS 理论和方法的发展是很快的。该书在密切跟踪这些发展动态的同时，将一些新技术、应用热点、发展方向适当引入进来，例如，基于 SVG 的 WebGIS、基于 VRML 的网上虚拟地形、海量空间数据发布的关键技术、分布式空间数据组织、基于 Web Service 的开放式 GIS、移动 GIS 等。其中很多内容是第一次在教材中出现。WebGIS 的具体实验不能脱离商业化的 WebGIS 平台，该书以指南的形式，用一定篇幅介绍了 SuperMap IS 和 ArcIMS 这两个国内外著名的 WebGIS 开发平台，使学生能够掌握这两个商业平台基本的安装、调试、配置、开发等知识，这在同类教材中也是首创。这使学生能学有所长、学以致用，提高他们的动手能力，为日后从事相关的工作打下很好的基础。

该书是对国内外 WebGIS 相关理论与应用的有机集成。它不仅可以作为高年级本科生、研究生的教材，也可以作为 GIS 工程技术人员、企事业单位的 WebGIS 规划人员、开发人员、维护人员的参考书。我们希望作者继续广泛收集国内外的相关资料，跟踪网格（Grid）技术和 WebGIS 相关的新方法、新技术、新应用、新动向，在将来的后续再版中，不断充实该书的内容，完善该书的体系，使该书成为地理信息系统教学领域的优秀教材和参考书。

中国科学院院士

中国工程院院士



2006 年 6 月

目 录

第四版前言

第二版序

第一版序

第 1 章 绪论	1
1.1 WebGIS 的基本概念	1
1.2 本书特色	2
第 2 章 计算机网络的基本原理	3
2.1 计算机网络概述	3
2.1.1 计算机网络的发展	3
2.1.2 计算机网络分类	6
2.1.3 几种基本的联网设备	7
2.2 TCP/IP 协议	9
2.2.1 TCP/IP 的产生与发展	9
2.2.2 IP 地址原理	10
2.2.3 域名系统	11
2.3 关于 Web 的一些基本概念	13
2.3.1 WWW 的发展和起源	13
2.3.2 HTTP 协议	14
2.3.3 Web 服务器	15
2.4 Web 开发技术	16
2.4.1 Web 脚本语言	16
2.4.2 动态网页技术	18
第 3 章 WebGIS 基本技术原理	21
3.1 WebGIS 概述	21
3.1.1 WebGIS 的发展	21
3.1.2 Web 地理信息数据的特征	22
3.1.3 WebGIS 的基本架构	23
3.2 几种实现 WebGIS 的技术方式	24
3.2.1 基于 CGI 方式	24
3.2.2 基于 ActiveX 方式	26
3.2.3 基于 Java Applet 方式	27
3.2.4 基于栅格切片方式	28
3.2.5 几种方式的比较	30
3.3 矢量切片技术原理	31
3.3.1 矢量切片简介	31
3.3.2 矢量切片原理	32

3.3.3	栅格切片与矢量切片的比较	40
3.4	WebGIS 空间数据组织	41
3.4.1	WebGIS 空间数据特点	41
3.4.2	WebGIS 地理信息空间数据服务流程	42
3.4.3	XML 与 JSON	42
3.4.4	基于 GeoJSON 的空间对象表达	51
3.4.5	基于 GML 的异构 WebGIS 空间数据组织	55
3.4.6	CityGML 介绍	59
第 4 章	WebGIS 的技术方法	62
4.1	AJAX 技术	62
4.2	SVG 在 WebGIS 中的应用	64
4.2.1	SVG 基础知识	64
4.2.2	SVG 在 Web 应用中的优势	66
4.2.3	基于 SVG 的 WebGIS 数据表达	67
4.3	WebGL 介绍	70
4.3.1	WebGL 概述	71
4.3.2	WebGL 基本用法	72
4.3.3	基于 WebGL 的三维场景构建	74
4.3.4	Cesium 介绍	76
4.4	基于 Web Service 的开放式 GIS	78
4.4.1	Web Service 概述	78
4.4.2	基于 Web Service 的开放式 GIS	81
4.4.3	OGC 的几个开放式 GIS 服务标准	83
4.5	面向地图服务的 OpenAPI	89
4.5.1	OpenAPI 的基本概念	89
4.5.2	Google Map 开放地图 API	90
4.5.3	Baidu Map 开放地图 API	92
4.6	面向地学应用的 Sensor Web 服务	94
4.6.1	Sensor Web 的基本概念	94
4.6.2	Sensor Web 的观测服务体系	97
第 5 章	移动 GIS	100
5.1	移动 GIS 概述	100
5.1.1	移动 GIS 的概念	100
5.1.2	移动 GIS 的发展	100
5.2	移动定位技术	102
5.2.1	GNSS 单点定位	102
5.2.2	基于移动营运商基站定位	103
5.2.3	室内定位	107
5.3	移动空间信息服务	112
5.3.1	移动空间信息服务的产业链和信息流	112
5.3.2	移动空间信息服务的内容	113

5.3.3 移动空间信息服务的发展趋势	115
第 6 章 ArcGIS Server 开发指南	116
6.1 ArcGIS Server 概述	116
6.1.1 ArcGIS Server 的功能特点	116
6.1.2 ArcGIS Server 的系统架构	117
6.1.3 ArcGIS Server 的安装	118
6.2 ArcGIS Server 的使用	121
6.2.1 创建地图服务资源	121
6.2.2 服务类型与功能	121
6.2.3 使用 ArcCatalog 创建连接与发布服务	125
6.2.4 使用 ArcGIS Server Manager 发布服务	128
6.2.5 创建地图缓存	130
6.2.6 创建和注册 Enterprise GeoDatabase	135
6.3 ArcGIS Server 的开发框架	137
6.3.1 ArcGIS Server 开发概述	137
6.3.2 SOAP 与 REST	139
6.3.3 ArcGIS Maps SDK for JavaScript 概述	144
6.3.4 ArcGIS Maps SDK for JavaScript 构成	146
6.4 ArcGIS Maps SDK for JavaScript + Vue3 开发入门	149
6.4.1 Vue3 介绍	149
6.4.2 开发环境搭建	151
6.4.3 基本的页面布局	155
6.4.4 完善侧边栏页面和主页面	161
6.4.5 ArcGIS Map SDK for JavaScript 安装及初始化	166
第 7 章 开源 WebGIS 平台	169
7.1 开源 WebGIS 平台介绍	169
7.1.1 MapServer	169
7.1.2 GeoServer	170
7.1.3 OpenLayers	171
7.2 GeoServer 使用介绍	173
7.2.1 GeoServer 的安装	173
7.2.2 GeoServer 发布空间数据	175
7.2.3 GeoServer 数据格式处理	186
7.3 基于 GeoServer 的 WebGIS 开发示例	193
7.3.1 OpenLayers 简介	193
7.3.2 基本的图层加载	193
主要参考文献	196

第1章 绪 论

1.1 WebGIS 的基本概念

地理信息系统（GIS）是一项以计算机为基础的管理和研究空间数据的技术系统。围绕着这项技术的研究、开发和应用，形成了一门交叉性、融合性的学科。在计算机软、硬件支持下，它可以对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理，研究各种空间实体及其相互关系。随着分布式计算技术、面向对象的组件技术、网络技术的迅速发展，以及 Internet 在社会生活中的日益普及，出现了与 WWW 相结合的 GIS——WebGIS，并迅速成为目前 GIS 发展的重要方向。

从技术角度看，GIS 的发展经历了五个阶段：第一阶段，以单机用户为平台、以系统为中心；第二阶段，引入了网络，实现了多机多用户系统，采用 C/S（Client/Server，客户机/服务器）作为基础架构；第三阶段，引入了 Web 技术，以数据为中心，采用 B/S（Browser/Server，浏览器/服务器）作为基础架构，实现基本的数据浏览和查询功能；第四阶段，引入 Web 服务，构建基于服务的更高层次的 WebGIS 技术体系；第五阶段，引入物联网，将传感器网络与 WebGIS 结合起来。

WebGIS 是 GIS 与 WWW 技术的有机结合，在 WWW 的任意一个节点，Internet 用户可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据、制作专题图，以及进行各种空间检索和空间分析，从而使 GIS 进入千家万户。其应用可以分为以下几个方面。

1. 空间数据发布

由于能够以图形方式显示空间数据，较之单纯的 FTP（文件传输协议）方式，WebGIS 使用户更容易找到需要的数据。

2. 空间查询检索

利用浏览器提供的交互能力，进行图形及属性数据库的查询检索。

3. 空间模型服务

在服务器端提供各种空间模型的实现方法，接收用户通过浏览器输入的参数后，将计算结果返回。换言之，利用 Web 不仅可以发布空间数据，也可以发布空间模型服务，形成浏览器/服务器（B/S）结构。

4. Web 信息资源的组织

Web 上存在着大量的信息，这些信息多数具有空间分布特征，往往有其所在位置属性，利用地图对这些信息进行组织和管理，并为用户提供基于空间的检索服务，这些都可以通过 WebGIS 实现。

5. 传感器资源组织

随着物联网的发展，多源传感器的数据包含大量的位置相关信息，这些信息也需要通过 WebGIS 组织起来。

1.2 本书特色

WebGIS 是地理信息系统学科一个重要的分支领域，是地理信息系统（GIS）技术与互联网（Web）技术的有机结合。由于 WebGIS 应用的广泛性和广阔前景，目前许多高校已把它作为本科生和研究生的必修（或选修）课程。

WebGIS 涉及很多互联网（Web）的网络开发技术，以及 GIS 项目的应用开发技术，具有很强的实用性和可操作性。本书是作者在多年教学和科研的基础上编写而成，具有以下特色。

1. 注重知识的博与专的结合

WebGIS 所涉及的技术领域非常多，有计算机网络技术、Web 开发技术、GIS 技术等，其中任何一样都可作为一门单独的课程，若要做到面面俱到是很难的。作者广泛收集了与课程有关的预备知识，并加以适当的精简和提炼使其成为本书内容。同时，本书系统地总结了国内外 WebGIS 理论和方法的成果，并进行了归纳分类、分析、比较，结合我国各高等院校地理信息系统教育的实际经验，融合作者近年来在 WebGIS 的理论、技术方法、工程应用方面的成果，使得本书在知识的博与专两个方面得到适度的结合。

2. 密切跟踪前沿知识的发展，并适当引入

近几年来，新的 WebGIS 理论和方法的发展是很快的，在密切跟踪这些发展动态的同时，将一些新技术、应用热点、发展方向适当引入进来，如引入 GeoJSON、CityGML、WebGL、矢量切片技术、室内定位技术、分布式空间数据组织、基于 Web Service 的开放式 GIS、Sensor Web、移动空间信息服务等。

3. 兼顾理论和实践，将信息技术与课程融合

除了学习 WebGIS 的基本原理和相关方法外，本书强调实践的重要性，通过对 Web 服务器、Web 网络开发技术、WebGIS 应用技术的使用等实践性很强的内容的介绍，帮助读者逐步由浅入深掌握 WebGIS 的基本原理和开发流程。

4. 引入了商业化 WebGIS 平台以及开源的 WebGIS 平台

本书以指南的形式，介绍了商业 WebGIS 平台 ArcGIS Server 和开源 WebGIS 平台 GeoServer，使读者能够学习这两个平台基本的安装、调试、配置、开发等知识，以提高他们的动手能力，为其日后从事相关工作打下很好的基础。

第2章 计算机网络的基本原理

本章内容主要包括：计算机网络概述、TCP/IP、关于 Web 的一些基本概念、Web 开发技术等。

2.1 计算机网络概述

2.1.1 计算机网络的发展

1. 计算机网络的概念

现代计算机网络系统又简称为计算机网络，是建立在分组交换技术基础上的一种通信体系。分组交换技术是指在分组交换网中采取存储-转发方式，先将一份长报文划分为若干个定长的报文分组，以分组作为传输的基本单位。因此，当源主机要发送一份报文时，需先进行报文分解，再逐个分组地发送。网络的中继节点则先将分组接收下来存储在定长的缓冲区中，再选择一条适当的传输路径将分组转发出去。以分组为单位进行的传输，不仅大大简化了对计算机存储器的管理，还加速了信息在网络中的传输。由于分组交换网较之报文交换网和线路交换网具有一系列的优点，故它已成为计算机网络的主流。

计算机网络系统是由网络操作系统和用以组成计算机网络的多台计算机，以及各种通信设备构成的。在计算机网络系统中，每台计算机都是独立的，任何一台计算机都不干预其他计算机的工作，它们之间的关系是建立在通信和资源共享基础上的。基于以上描述，计算机网络可定义为：凡是地理位置不同、并具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来、以功能完善的网络软件实现网络中资源共享的系统，称为计算机网络系统。它包括三个方面的内容：①计算机网络是由两台或两台以上的计算机连接起来的系统；②两台或两台以上的计算机之间交换信息、数据必须有一条通信通道；③计算机之间通信和交换信息需要有共同遵守的规则，这就是协议（协议是计算机与计算机进行通信时，通信双方共同遵守的一组规则）。计算机网络软件就是根据协议开发出的软件。

计算机网络是突破地理范围限制集合的大量计算机设备群体，它们彼此用物理通道互连，并遵守共同的协议而进行数据通信，从而实现用户对网络系统中各互连计算机设备群体的共享。计算机网络是人们彼此进行交流的工具，它能促进人们进行广泛的思想交流，促进知识迅速更新，使信息得到充分利用和实现系统资源共享。

2. 计算机网络的发展

1) 远程联机系统阶段

在计算机网络发展过程中，第一个阶段为远程联机系统阶段，如图 2.1 所示。它是面向终端的计算机通信系统。远程联机系统在数据传输方面利用公用电话系统传输计算机或计算机数字终端信号的技术实现了计算机技术与通信技术的结合，为计算机网络系统的研究和开发奠定了基础。远程联机系统称为第一阶段计算机网络系统。

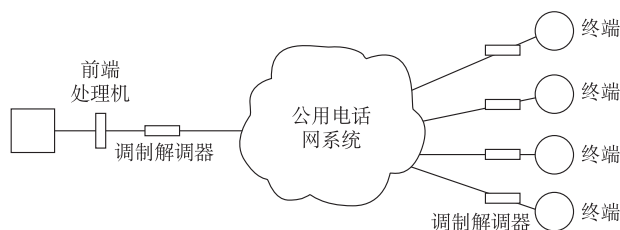


图 2.1 远程联机系统

2) 计算机互连阶段

报文分组交换概念的提出与应用，使计算机网络的通信方式由终端与计算机之间的通信，发展到计算机与计算机之间的直接通信，即计算机互连阶段计算机网络系统，如图 2.2 所示。各计算机通过通信线路连接（直接连接或通过公用电话网），相互交换数据、传送文件，实现网络中连接的计算机之间的资源共享。

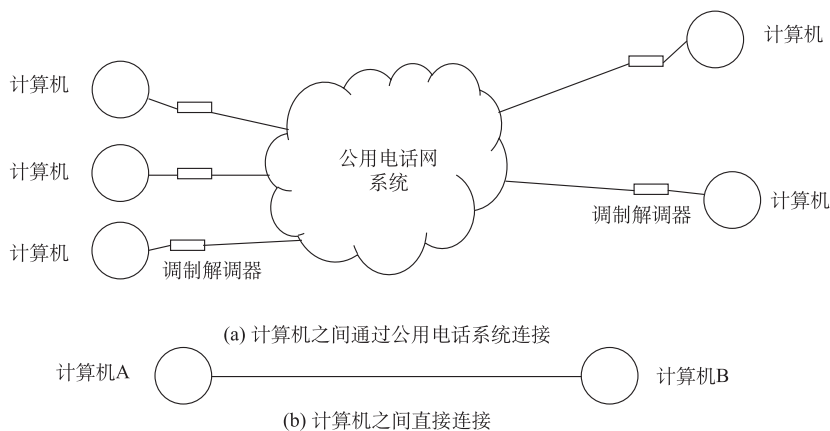


图 2.2 计算机互连系统

3) 标准化系统阶段

计算机网络系统是非常复杂的系统，计算机之间相互通信涉及许多复杂的技术问题，需要建立一个计算机网络互连标准，使不同体系结构的产品能很容易地得到互连。国际标准化组织（ISO）于 1977 年成立了专门的机构来研究该问题，1984 年正式颁布了开放系统互连基本参考模型（open system interconnection basic reference model, OSI）的国际标准，这就是第三代计算机网络。

OSI 结构如图 2.3 所示。

(1) 物理层：确定如何在通信信道上传输比特流，包括网络物理结构、传输介质的规程、位传输的编码与定时规则。

(2) 数据链路层：数据链路层负责在两个相邻节点间的线路上，无差错地传送以帧为单位的数据，每一帧包括一定数量的数据和一些必要的控制信息。控制信息包括同步信息、地址信息、差错控制以及流量控制等。

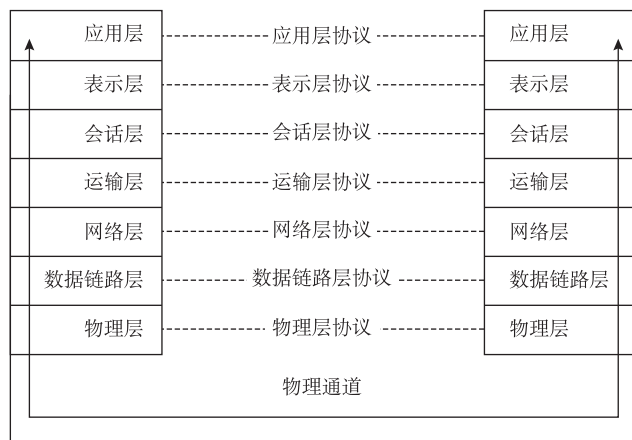


图 2.3 OSI 结构

(3) 网络层：在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能要经过许多个节点和链路，也可能要经过好几个通信子网。在网络层，数据的传送单位是分组和包。网络层的任务是要选择合适的路由和交换节点，使运输层传下来的分组能正确无误地按照地址找到目的地。

(4) 运输层：运输层的任务是根据通信子网的特性最佳地利用网络资源，并以可靠和经济方式，为两个端系统（也就是源站和目的站）的会话建立一条运输连接，以透明地传送报文。运输层为上一层提供一个可靠的端到端的服务。

(5) 会话层：会话层不参与具体的数据传输，但它对数据传输进行管理。会话层在两个互相通信的应用进程之间，建立、组织和协调其交互。

(6) 表示层：表示层主要解决用户信息的语法表示问题。表示层将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法，变换为适合于 OSI 内部使用的传送语法。有了这样的表示层，用户就可以把精力集中在他们所要交谈的问题本身。

(7) 应用层：应用层确定进程之间通信的性质以满足用户的需要，负责用户的语义表示。应用层不仅要提供应用进程所需要的信息交换和远程操作，还要作为相互作用的应用进程的用户代理。

4) 网络互联与高速网络系统阶段

进入 20 世纪 90 年代，计算机技术、通信技术以及建立在互连计算机网络技术基础上的计算机网络技术得到了迅猛发展。特别是 1993 年美国宣布建立国家基础设施（National Information Infrastructure, NII）后，许多国家纷纷制定和建立本国的 NII，从而极大地推动了计算机网络技术的发展，使计算机网络进入一个崭新的阶段，这就是计算机网络与高速网络阶段。目前，全球以 Internet 为核心的高速计算机互连网络已经形成，Internet 已经成为人类最重要的、最大的知识库。网络互联和高速计算机网络被称为第四代计算机网络。

5) 移动互联网阶段

移动互联网是 PC（个人计算机）互联网发展的必然产物，其将移动通信和互联网二者结合起来，成为一体。它是互联网的技术、平台、商业模式和应用与移动通信技术结合并实践的活动的总称。移动互联网是移动和互联网融合的产物，继承了移动随时、随地、随身和互联网开放、分享、互动的优势，是一个全国性的、以宽带 IP 为技术核心的，可同时提供语音、

传真、数据、图像、多媒体等高品质电信服务的新一代开放的电信基础网络，由运营商提供无线接入，互联网企业提供各种成熟的应用。

2.1.2 计算机网络分类

计算机网络系统是非常复杂的系统，技术含量高，综合性强。由于不同的计算机网络所采用的技术不同，反映的特点也不同，需要从不同的角度划分计算机网络。

1. 按覆盖范围分类

1) 局域网

局域网（local area network, LAN）是一种在近距离内具有很高数据传输率的物理网络，覆盖范围在几米到几千米。一般在一个建筑物内，或一个工厂、一个事业单位内部，为单位独有。

2) 广域网

广域网（wide area network, WAN），通常是指作用范围为几十千米到几千千米，可以分布在一个省内、一个国家或几个国家。

3) 城域网

城域网（metropolitan area network, MAN），是在一个城市内部组建的计算机信息网络，提供全市的信息服务。

2. 按通信媒体分类

1) 有线网

有线网指网络系统中计算机之间采用如同轴电缆、双绞线、光纤等物理媒体连接的，并利用这些物理媒体传输数据，实现计算机之间数据交换的系统。

2) 无线网

无线网是指网络系统中计算机之间采用如微波、红外线等传输介质连接，并利用它们传输数据，实现计算机之间数据交换的系统。随着无线通信技术的发展，无线网络的数量越来越多，应用也越来越广泛。

3) 无线有线混合网

无线有线混合网是计算机网络发展和应用的趋势，有线网中包含无线网，无线网中包含有线网，这就是无线有线混合网络。

3. 按数据交换方式分类

1) 线路交换方式

线路交换是最早出现在电话系统中的一种交换方式，目前仍广泛地应用于自动电话系统中。源用户通过拨号接通某些开关来建立所要求的通信路径，使源和目标用户之间能直接进行通信。在通信期间始终使用该路径，不允许其他用户使用它。通信结束后便断开所建立的通信路径。早期的计算机网络，如面向终端的计算机网络，都广泛利用这种交换方式的电话网络来传输数据。

2) 报文交换方式

它是一种数字式网络，每当源主机要和目标主机通信时，网络中的中继节点——交换机总是先将源主机发来的一份完整报文存储在交换机的缓冲区中，并对该报文做适当处理，然后根据报头中的目标地址，选择一条相应的输出链路，若该链路空闲，便将报文转发至下一

个中继节点或目标主机；若输出链路忙，则将装有输出信息的缓冲区排在输出队列的末尾等候。这种先存储后转发的传输方式被称为存储-转发方式。由于这种网络以报文为基本传输单位，故也称为报文交换网络。

3) 分组交换网络

在分组交换网络中虽然同样是采取存储-转发方式，但它不是以不定长的报文作为传输的基本单位，而是先将一份长报文划分为若干个定长的报文分组，以分组作为传输的基本单位。因此，当源主机要发送一份报文时，需首先进行报文分解，再逐个分组地发送。网络的中继节点则先将分组接收下来存储在定长的缓冲区中，再选择一条适当的传输路径将分组转发出去，以分组为单位进行的传输，不仅大大简化了对计算机存储器的管理，还加速了信息在网络中的传输。分组交换网络较之报文交换网络和线路交换网络具有一系列的优点，故已成为现代计算机网络的主流。

4. 按使用范围分类

1) 公用网

公用网是为公众提供各种信息服务的网络系统，如因特网，是只要符合网络拥有者的要求就能使用的网络。

2) 专用网

专用网为一个或几个部门所拥有，它只为拥有者提供服务，不向拥有者以外的人提供服务。专用网通常是由组织和部门根据实际需要自己投资建立的。

2.1.3 几种基本的联网设备

根据网络进行网络互连所在的层次，常用的联网设备有以下几类：物理层互连设备，即中继器（Repeater）；数据链路层互连设备，即网桥（Bridge）；网络层互连设备，即路由器（Router）；网络层以上的互连设备，统称网关（Gateway）或应用网关。

1. 中继器

中继器又称转发器，是两个网络在物理层上的连接，用于连接具有相同物理层协议的局域网，是局域网互连的最简单的设备，如图 2.4 所示。

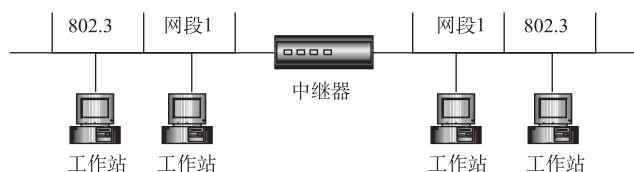


图 2.4 中继器

2. 网桥

网桥的第一个适用场合就是当局域网上的用户日益增多，工作站数量日益增加时，局域网上的信息量也随着增加，可能会引起局域网性能的下降。在这种情况下，必须将网络进行分段，以减少每段网络上的用户量和信息量。将网络进行分段的设备就是网桥。

网桥的第二个适用场合就是互联两个相互独立而又有联系的局域网。

网桥是在数据链路层上连接两个网络，即网络的数据链路层不同而网络层相同时要用网

桥连接, 如图 2.5 所示。

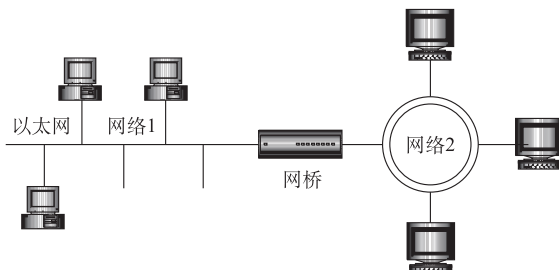


图 2.5 网桥

3. 路由器

路由器是网络层上的连接, 即不同网络之间的连接。路由器的主要功能是路径选择, 就是要保证把一个进行网络寻址的报文传送到正确的目的网络中。路径选择包括两种基本活动: 一是最佳路径的判定; 二是网间信息包的传送, 信息包的传送一般又称为“交换”。

在路由器互联的局域网中, 每个局域网只要求网络层及以上高层协议相同, 数据链路层与物理层可以是不同的。路由器内部有一个路由表数据库与一个网络路由状态数据库, 但是如果局域网高层采用了不同的协议, 就要使用多协议路由器 (Multiprotocol Router)。多协议路由器具有处理多种不同协议分组的能力, 要为不同类型的协议建立与维护不同的路由表, 如图 2.6 所示。

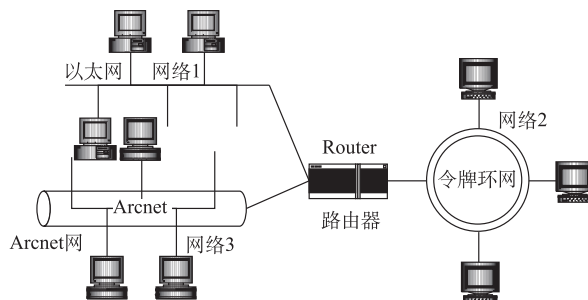


图 2.6 路由器

4. 网关

网关也称信关, 它是建立在高层之上的各层次的中继系统。也就是说, 网关是用于高层协议转换的网间连接器。

作为专用计算机的网关, 能实现具有不同网络协议的网络之间的连接。所以, 网关可以被描述为“不相同的网络系统互相连接时所用的设备或节点”。可以将网关分为以下三类。

1) 协议网关

协议网关通常在使用不同协议的网络区域间做协议转换。这一转换过程可以发生在 OSI 的第二层、第三层或二三层之间。

2) 应用网关

应用网关是在使用不同数据格式间翻译数据的系统。典型的应用网关先接收一种格式的

输入，将之翻译，然后以新的格式发送。一种应用可以有多种应用网关。例如，Email 可以以多种格式实现，提供 Email 的服务器可能需要与各种格式的邮件服务器交互，实现此功能唯一的方法是支持多个网关接口。

3) 安全网关

安全网关是各种技术的有机融合，具有重要且独特的保护作用，其范围从协议级过滤到十分复杂的应用级过滤。

2.2 TCP/IP 协议

2.2.1 TCP/IP 的产生与发展

TCP/IP 是基于美国国防部坚持其购买的计算机应能在某一种公共协议上进行通信的观点产生的。ARPANET (阿帕网) 作为其研究成果于 1969 年投入使用，ARPANET 解决了异种计算机之间互操作的基本问题，当时在美国得到了广泛的应用，并构成当今因特网的主体。ARPANET 于 1971 年更名为 DARPA。DARPA 致力于研究分组交换，强调数据传输通过卫星和无线电技术完成。DARPA 于 1975 年被美国国防通信局 (Defense Communications Agency, DCA) 接管。其间，DCA 提出了一些新的协议，这些协议构成了 TCP/IP 的基础。到 1978 年，TCP/IP 协议在网络领域取得主导地位。1983 年，TCP/IP 被作为因特网的网络节点协议。TCP/IP 使各种单独的网络有一个共同的可参考的网络协议，实现了不同设备间的互操作。虽然 TCP/IP 不是 OSI 标准，但 TCP/IP 已被公认为当前的工业标准。TCP/IP 协议具有以下特点：①协议标准具有开放性，其独立于特定的计算机硬件及操作系统，可以免费使用。②统一分配网络地址，使得整个 TCP/IP 设备在网中都具有唯一 IP 地址。③实现了高层协议的标准化，能为用户提供多种可靠的服务。

1. TCP/IP 协议的体系结构

TCP/IP 协议的核心思想是把千差万别的物理层/数据链路层协议的物理网络，在传输层/网络层建立一个统一的虚拟“逻辑网络”，屏蔽或隔离所有物理网络的硬件差异。

2. TCP/IP 分层

TCP/IP 是由一系列协议组成的，它是一套分层的通信协议。TCP/IP 模型包括四个层次。

1) 网络接口层

网络接口层 (Network Interface Layer) 是 TCP/IP 协议的最底层，负责网络层与硬件设备间的联系。这一层的协议非常多，包括逻辑链路控制和媒体访问控制。

2) 网际层

网际层 (Internet Layer) 解决的是计算机到计算机间的通信问题，它包括三个方面的功能：①处理来自传输层的分组发送的请求，收到请求后将分组装入 IP 数据报，填充报头，选择路径，然后将数据报发送到适当的网络接口。②处理数据报。③处理网络控制报文协议，即处理路径、流量控制、阻塞等。

3) 传输层

传输层 (Transport Layer) 解决的是计算机程序到计算机程序之间的通信问题。计算机程序到计算机程序之间的通信就是通常所说的“端到端”的通信。传输层对信息流具有调节作用，提供可靠性传输，确保数据到达无误。

4) 应用层

应用层（Application Layer）提供一组常用的应用程序给用户。在应用层，用户调节访问网络的应用程序，应用程序与传输层协议相配合发送和接收数据。每个应用程序都有自己的数据形式，它可以是一系列报文或字节流，但不管采用哪种形式，都要将数据传送给传输层，以便交换。

TCP/IP 协议体系与 OSI 体系结构的比较如图 2.7 所示。

OSI	TCP/IP
7 应用层	应用层 (TELNET、FTP、SMTP等)
6 表示层	
5 会话层	传输层(TCP、UDP)
4 传输层	
3 网络层	网际层
2 数据链路层	网络接口层
1 物理层	

图 2.7 TCP/IP 与 OSI 体系比较

SMTP 指简单邮件传输协议；UDP 指用户数据报协议

2.2.2 IP 地址原理

1. IP 地址的概念

Internet 工程任务组（IETF）——Internet 和 IP 的设计师——选择了适合于机器表示的数值来标识 IP 网络和主机。因此 Internet 中的每一个网络具有自己独一无二的数值地址——它的网络地址。网络管理人员要确信网络中的每一台主机有与之对应的唯一的主机编号。

主机号码由 32 位二进制数组成，这个由 32 位二进制数组成的主机号码就是主机的 IP 地址。IP 地址是因特网中识别主机的唯一标识。为了便于记忆，把 IP 地址分成 4 组，每组 8 位，组与组之间用“.”号分隔开，例如，

二进制：11001010011000110110000010001100

十进制：202 . 99 . 96 . 140

缩写：202.99.96.140

TCP/IP 网络是为大规模的互连网络设计的，不能用全部的 32 位来表示网络上主机的地址。如果这样做了，我们将得到一个拥有数以亿计网络设备的巨大网络。所以，我们需要使用 IP 地址的一部分来标识网络，剩下的部分标识其中的网络设备。IP 地址中用来标识设备所在网络的部分称为网络 ID，标识网络设备的部分称为主机 ID。这些 ID 包含在同一个 IP 地址之中。

<u>193.1.1.</u>	<u>200</u>	<u>131.107.</u>	<u>2.1</u>	<u>75.</u>	<u>3.78.</u>	<u>29</u>
网络 ID	主机 ID	网络 ID	主机 ID	网络 ID	主机 ID	

2. IP 地址的分类

将 IP 地址分成几类，以适应大型、中型、小型的网络。这些类的不同之处在于用于表示网络的位数与用于表示主机的位数之间的差别。IP 地址被分成五类，每一个 IP 地址包括两部