

# 智慧数字城市并行方法

● 朱定局 著



科学出版社

# 智慧数字城市并行方法

朱定局 著



YZLI0890138956

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书的原创性在于:提出并研究了智慧数字城市的系统框架与并行方法;从并行的角度研究了智慧城市与数字城市。智慧数字城市的系统框架与并行方法在横向上包括六个维度及其并行方法;在纵向上包括八个阶段及其并行方法、四个关键环节及其并行方法。本书最后研究了三种并行调度的方法。

本书可供地理信息科学领域、计算机科学领域等相关领域的研究人员使用,亦可作为高等院校和科研院所相关专业的教学用书和参考用书,同时还可以供政府部门和企事业单位数字信息化建设参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

智慧数字城市并行方法/朱定局著. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-031854-1

I. ①智… II. ①朱… III. ①数字技术-应用-城市建设-研究-中国 IV. ①TU984.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 137939 号

责任编辑:韩 鹏 朱海燕 马云川/责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2011 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2011 年 9 月第一次印刷 印张: 12 1/4

印数: 1—3 000 字数: 270 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

智慧城市是智慧化的城市;数字城市是数字化的城市,而智慧数字城市是智慧城市的灵魂、数字城市的升华。建筑、人流和道路都并行地存在于城市之中;小区建设和车水马龙都可以并行地发生;市民可以并行地协作以推动城市绿化和城市发展。可见城市中的事物是可以并行存在且并行发展的,因此城市本身是有并行性的。智慧数字城市的存在和发展需要真实地反映城市的存在和发展,并能智慧地响应城市的事件与需求,因此智慧城市与数字城市本身也是有并行性的。而建设和应用智慧数字城市的过程是可以分步骤、分模块和分区块进行的。这些步骤之间、模块之间、区块之间虽然相互联系,但也相对独立,各步骤、各模块和各区块是可以并行存在和并行开发的,因此智慧数字城市的建设和应用本身也有并行性。

随着人类观测手段与物联网的快速发展,人们获取城市数据的能力越来越强、成本越来越低,如何有效、及时、充分地处理并广泛、深入地利用海量城市数据获取智慧也成为智慧数字城市建设与应用的“瓶颈”之一,串行计算不能很好地满足海量城市数据的管理和分析。并行计算是近几年来地理信息系统(GIS)研究中最活跃的领域之一。本书主要涉及计算机科学领域的并行计算、云计算研究方向和地理信息科学领域的智慧城市、数字城市研究方向。传统数字城市使用的是串行模式,但当城市数据的规模超过串行计算机的计算和存储能力时,串行计算机就无法处理了。城市数据越来越海量,且大部分城市应用中有着海量应用、海量空间、海量时间和海量用户,并要求在有效的时间内处理出结果。显然应用串行计算无法存储和处理海量城市数据和解决大规模城市应用问题,因此本书提出并研究智慧数字城市并行方法。

智慧数字城市并行方法改进了传统数字城市处理城市数据的方法,使得智慧城市能根据城市数据产生智慧进而智慧地响应现实城市,继承了并行方法的扩大处理规模、加快了处理速度、提高了处理精度的能力。智慧数字城市并行方法能够将城市数字化、智慧化及其应用过程中的问题划分为很多小的问题,并能将这些小的问题映射到并行计算系统或云计算系统的不同计算节点。当问题规模增大时,只要相应地增加划分的数量,保持每个划分中问题的规模大小,同时相应地增大计算节点的数量,就可以在有效的时间内进行处理。

本书的主要内容如下:

(1) 首次研究并提出了智慧数字城市的六种并行方法:在水平空间维上的并行、在垂直空间维上的并行、在主题维上的并行、在时间维上的并行、在功能维上的并行、在用户维上的并行。

(2) 分别从智慧数字城市并行生成运行的八个阶段进行论述,首次研究并提出了一种智慧数字城市的按阶段并行化及自动化的方法,其八个阶段包括数据采集阶段、城市元素特征自动提取阶段、城市三维模型自动重建阶段、空间与非空间数据自动融合阶段、数

据自动检索挖掘分析仿真阶段、应用需求自动映射阶段、用户应用阶段、表达结果阶段。

(3) 分别从智慧数字城市并行生成运行的四个关键环节进行论述:①首次提出并研究了一种智慧数字城市的并行识别方法即利用样本与母图的特征匹配进行自动识别,并利用其识别过程中的时空并行性,进行并行自动识别;②首次提出并研究了一种智慧数字城市的并行重建方法,即利用三维模型与二维图像的映射进行自动三维重建,并利用其重建过程中的时空并行性,进行并行自动重建;③首次提出并研究了一种智慧数字城市的并行监控方法,即利用基于监测结果的三维恢复进行自动监控,并利用其监控过程中的时空并行性,进行并行自动监控;④首次提出并研究了一种智慧数字城市的并行仿真方法,即利用仿真预案知识库进行自动仿真,并利用其仿真过程中的时空并行性进行并行自动仿真。

(4) 首次提出并研究了三种并行调度的方法:最小能耗并行调度法、自适应并行调度法、数据优先并行调度法。

需要特别说明的是,为了使并行的步骤更明确,书中有的语句略显繁冗。书中并行流程图及其流程说明方式与传统流程图及其流程说明方式有所不同,旨在表达清楚并行过程中的逻辑关系。由于作者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,恳请读者批评指正。

朱定局

2010年1月20日

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 从数字城市迈向智慧城市</b> .....	1
1.1 四大洲典型数字城市 .....	1
1.2 国内外 16 个典型数字城市在线网站.....	2
1.3 数字城市向智慧城市的演变.....	10
1.4 国内外典型智慧城市蓝图.....	11
<b>第 2 章 智慧数字城市的系统框架</b> .....	14
2.1 智慧城市的枢纽.....	14
2.2 智慧城市区别于传统城市的关键.....	15
2.3 智慧数字城市模式的先进性.....	17
2.4 智慧数字城市识别建模方法的智慧性.....	17
2.5 智慧数字城市监测仿真方法的智慧性.....	18
2.6 智慧数字城市事件仿真方法的智慧性.....	19
<b>第 3 章 智慧数字城市的并行基础</b> .....	21
3.1 并行计算思想内涵与体系剖析.....	21
3.2 云计算系统的并行性及其他七大特性.....	23
3.3 云计算系统的多级并行结构.....	27
3.4 云计算系统的并行体系结构.....	28
3.5 云计算技术集成框架与原理中的并行.....	34
3.6 云计算技术资源积累与产业市场驱动中体现并行.....	35
3.7 云计算的服务模式与主要流派中包含并行.....	38
3.8 城市中的时空并行模式.....	39
3.9 智慧数字城市与并行方法的结合.....	45
<b>第 4 章 智慧数字城市的六种并行模式</b> .....	46
4.1 智慧数字城市在水平空间维上的并行模式.....	46
4.2 智慧数字城市在垂直空间维上的并行模式.....	47
4.3 智慧数字城市在主题维上的并行模式.....	49
4.4 智慧数字城市在时间维上的并行模式.....	50
4.5 智慧数字城市在功能维上的并行模式.....	53
4.6 智慧数字城市在用户维上的并行模式.....	53
<b>第 5 章 智慧数字城市的并行结构</b> .....	56
5.1 智慧数字城市构建技术分析.....	56
5.2 智慧数字城市并行原理.....	59

5.3	智慧数字城市并行框架	59
5.4	智慧数字城市在数据采集阶段的并行	67
5.5	智慧数字城市在城市元素特征自动提取阶段的并行	74
5.6	智慧数字城市在城市三维模型自动重建阶段的并行	77
5.7	智慧数字城市在空间与非空间数据自动融合阶段的并行	82
5.8	智慧数字城市在数据自动检索挖掘分析仿真阶段的并行	86
5.9	智慧数字城市在应用需求自动映射阶段的并行	92
5.10	智慧数字城市在用户应用阶段的并行	94
5.11	智慧数字城市在“表达结果”阶段的并行	96
5.12	本章小结	102
<b>第6章</b>	<b>智慧数字城市的并行识别</b>	<b>104</b>
6.1	智慧数字城市识别技术分析	104
6.2	智慧数字城市并行识别的原理	106
6.3	智慧数字城市并行识别的流程	109
6.4	支持智慧数字城市并行识别的知识库	110
6.5	识别知识库的构建与更新	118
6.6	识别知识库的并行构建与并行更新	120
6.7	基于识别知识库的智慧数字城市并行自动识别	122
6.8	本章小结	125
<b>第7章</b>	<b>智慧数字城市的并行重建</b>	<b>127</b>
7.1	智慧数字城市重建技术分析	127
7.2	智慧数字城市并行重建的原理	129
7.3	智慧数字城市并行重建的流程	130
7.4	支持智慧数字城市并行重建的知识库	131
7.5	重建知识库的并行构建与并行更新	134
7.6	基于重建知识库的并行自动重建	136
7.7	本章小结	138
<b>第8章</b>	<b>智慧数字城市的并行监测仿真</b>	<b>139</b>
8.1	智慧数字城市监测仿真技术分析	139
8.2	智慧数字城市并行监测仿真的原理	147
8.3	智慧数字城市并行监测仿真的流程	148
8.4	基于遥感技术或传感技术的城市单时相某类并行监测模块	150
8.5	基于遥感技术或传感技术的城市多时相某类并行监测模块	151
8.6	基于遥感技术或传感技术的城市多时相某类变化并行监测模块	151
8.7	智慧数字城市模型的自动三维并行重建模块	153
8.8	本章小结	153
<b>第9章</b>	<b>智慧数字城市的并行事件仿真</b>	<b>155</b>
9.1	并行仿真技术分析	155
9.2	智慧数字城市并行事件仿真的原理	156

9.3	智慧数字城市并行事件仿真的流程 .....	158
9.4	支持智慧数字城市并行事件仿真的仿真知识库 .....	159
9.5	仿真知识库的并行构建与并行更新 .....	160
9.6	基于仿真知识库对现实事件的并行自动仿真 .....	162
9.7	本章小结 .....	164
<b>第 10 章</b>	<b>并行调度</b> .....	<b>165</b>
10.1	三种并行调度方法相得益彰 .....	165
10.2	最小能耗并行调度法 .....	166
10.3	自适应并行调度法 .....	170
10.4	数据优先并行调度法 .....	177
<b>参考文献</b>	.....	<b>181</b>
<b>后记</b>	.....	<b>182</b>

# 图 目 录

图 1.1	Map Quest .....	2
图 1.2	Google Earth .....	3
图 1.3	Virtual Earth .....	3
图 1.4	World Wind .....	4
图 1.5	E 都市 .....	4
图 1.6	空间体验网 .....	5
图 1.7	Virtual Los Angeles .....	5
图 1.8	Virtual Helsinki .....	6
图 1.9	3D Kyoto .....	6
图 1.10	采用 VRML 来提供在线网络漫游虚拟城市服务 .....	7
图 1.11	Alpha World .....	7
图 1.12	Build a city .....	8
图 1.13	Panorama Route .....	8
图 1.14	以图片和地图进行关联和索引的数字城市 .....	9
图 1.15	提供相关兴趣点的数字城市 .....	9
图 1.16	以 flash 形式展现的数字城市 .....	9
图 1.17	统一移动接口示意图 .....	10
图 2.1	智慧数字城市在智慧城市中的地位 .....	15
图 2.2	智慧数字城市与传统数字城市对城市影响的差异 .....	16
图 2.3	智慧数字城市与传统数字城市的模式差异 .....	17
图 2.4	智慧数字城市与传统数字城市在识别建模方法上的差异 .....	18
图 2.5	智慧数字城市与传统数字城市在监测仿真方法上的差异 .....	19
图 2.6	智慧数字城市与传统数字城市在事件仿真上的差别 .....	19
图 3.1	云计算的多级并行结构举例 .....	27
图 3.2	单级并行存储云举例 .....	28
图 3.3	多级并行存储云举例 .....	29
图 3.4	单级并行计算云举例 .....	29
图 3.5	多级并行计算云举例 .....	30
图 3.6	单级并行网络云举例 .....	31
图 3.7	多级并行网络云举例 .....	31
图 3.8	并行系统云举例 .....	32
图 3.9	存储中心并行系统云举例 .....	33
图 3.10	计算中心并行系统云举例 .....	33

图 3.11	网络中心并行系统云举例 .....	34
图 3.12	云计算的技术集成框架 .....	35
图 3.13	云计算的先集中后民主原理 .....	35
图 3.14	云计算的技术资源积累与产业市场驱动 .....	35
图 3.15	云计算的服务模式与主要流派 .....	38
图 3.16	时空单级数据并行模式举例 .....	39
图 3.17	时空多级数据并行模式举例 .....	39
图 3.18	时空单级任务并行模式举例 .....	40
图 3.19	时空多级任务并行模式举例 .....	40
图 3.20	时空单级流水并行模式举例 .....	40
图 3.21	时空多级流水并行模式举例 .....	41
图 3.22	时空数据-任务并行模式举例 .....	41
图 3.23	时空任务-数据并行模式举例 .....	42
图 3.24	时空流水-数据并行模式举例 .....	42
图 3.25	时空数据-流水并行模式举例 .....	43
图 3.26	时空流水-任务并行模式举例 .....	43
图 3.27	时空任务-流水并行模式举例 .....	44
图 4.1	单个水平区域 .....	47
图 4.2	多个并行水平区域的划分 .....	47
图 4.3	智慧数字城市在水平空间维上的并行设计流程 .....	47
图 4.4	智慧数字城市在垂直空间维上的并行设计流程 .....	48
图 4.5	智慧数字城市在主题维上的并行设计流程 .....	49
图 4.6	智慧数字城市在时间维上的并行设计流程 .....	50
图 4.7	增量式更新方法 .....	52
图 4.8	智慧数字城市在功能维上的并行设计流程 .....	54
图 4.9	智慧数字城市在用户维上的并行设计流程 .....	55
图 5.1	全域智慧数字城市无反馈式自动生成及运行流程 .....	62
图 5.2	全域智慧数字城市有反馈式自动生成及运行流程 .....	63
图 5.3	数据采集阶段的并行化流程举例 .....	68
图 5.4	城市元素特征自动提取的并行化流程举例 .....	74
图 5.5	城市三维模型自动重建的并行化流程举例 .....	78
图 5.6	空间数据与非空间数据自动融合的并行化流程举例 .....	82
图 5.7	城市数据自动检索挖掘分析仿真的并行化流程举例 .....	87
图 5.8	应用需求自动映射的并行化流程举例 .....	93
图 5.9	用户应用阶段的并行化流程 .....	94
图 5.10	用户操作自动处理的并行化流程举例 .....	95
图 6.1	基于识别知识库的自动并行识别体系 .....	107
图 6.2	基于识别知识库的自动并行识别的原理 .....	107
图 6.3	基于识别知识库的并行自动识别的框架 .....	109

图 6.4	基于识别知识库的自动识别的并行流程 .....	110
图 6.5	识别知识库的结构 .....	111
图 6.6	预期目标样本库的结构 .....	111
图 6.7	预期目标样本特征库的结构 .....	112
图 6.8	预期目标知识库的结构 .....	113
图 6.9	特征比较规则库的结构 .....	114
图 6.10	特征提取规则库的结构 .....	116
图 6.11	特征提取程序库的结构 .....	117
图 6.12	关联索引表的结构 .....	118
图 6.13	识别知识库的构建与更新的总体流程 .....	119
图 6.14	识别知识库的构建与更新的并行流程 .....	121
图 6.15	基于识别知识库的自动识别的总体流程 .....	123
图 6.16	基于识别知识库的自动识别的并行流程 .....	124
图 7.1	基于重建知识库的并行自动重建的原理 .....	129
图 7.2	基于重建知识库的并行自动重建的框架 .....	130
图 7.3	基于重建知识库的自动重建的并行流程 .....	131
图 7.4	重建知识库的结构 .....	132
图 7.5	物体图像样本库的结构 .....	132
图 7.6	重建规则库的结构 .....	133
图 7.7	物体三维模型库的结构 .....	133
图 7.8	关联索引表的结构 .....	134
图 7.9	重建知识库的构建与更新的并行流程 .....	135
图 7.10	基于重建知识库的自动重建总体并行流程 .....	137
图 8.1	基于遥感技术的城市单时相某类监测的流程 .....	140
图 8.2	基于遥感技术的城市多时相某类变化监测的流程 .....	142
图 8.3	数字城市模型的自动三维重建的流程 .....	146
图 8.4	并行城市自动监测及其三维仿真流程 .....	148
图 8.5	城市并行自动监测及其三维仿真流程 .....	149
图 8.6	“基于遥感技术或传感技术的城市单时相某类并行监测”模块的流程 .....	150
图 8.7	“基于遥感技术或传感技术的城市多时相某类变化并行监测”模块的流程 .....	152
图 8.8	“智慧数字城市模型的自动三维并行重建”模块的流程 .....	153
图 9.1	基于仿真知识库的并行自动仿真原理 .....	157
图 9.2	基于仿真知识库的自动仿真概要流程 .....	158
图 9.3	基于仿真知识库的自动仿真并行流程 .....	158
图 9.4	仿真知识库的结构 .....	159
图 9.5	仿真知识库的构建与更新示意图 .....	160
图 9.6	仿真知识库的构建与更新并行流程 .....	161
图 9.7	基于仿真知识库的自动仿真示意图 .....	163
图 9.8	基于仿真知识库的自动仿真总体并行流程 .....	163

图 10.1 最小能耗并行调度法原理图 ..... 166

图 10.2 最小能耗并行调度法中对并行计算系统或云计算系统中等待运行任务的调度方法流程 ..... 167

图 10.3 最小能耗并行调度法中对并行计算系统或云计算系统中正在运行任务的调度方法流程 ..... 168

图 10.4 最小能耗并行调度系统 ..... 169

图 10.5 自适应并行调度法原理 ..... 170

图 10.6 自适应并行调度方法概要流程 ..... 171

图 10.7 计算节点调度优先度的方法流程 ..... 172

图 10.8 自适应并行调度方法详细流程 ..... 174

图 10.9 自适应并行调度系统 ..... 174

图 10.10 运算模块 ..... 175

图 10.11 数据优先并行调度法原理图 ..... 177

图 10.12 数据优先并行调度法流程 ..... 177

图 10.13 根据排序结果调度任务到计算节点的方法一流程 ..... 178

图 10.14 根据排序结果调度任务到计算节点的方法二流程 ..... 179

# 第 1 章 从数字城市迈向智慧城市

## 1.1 四大洲典型数字城市

1998 年 1 月美国副总统戈尔提出了“数字地球”的概念,从此数字城市风靡全球。各国数字城市都得到了政府的大力支持。

### 1. 亚洲

中国政府非常重视数字城市的建设,提出了“数字中国”,已在很多城市开展了试点工作。新加坡在 1992 年开始了 IT2000 Master Plan,于 1996 年发布了“Singapore One: One Network for Everyone”发展广域通信框架和多媒体应用服务。韩国在 1995 年提出 KII(Korea Information Infrastructure);马来西亚在 1996 年发布 Multimedia Super Corridor 计划,包括 Putrajaya、Cyberjaya 和 MINOS 提供公告管理、商务和市政服务(Ishida et al., 2005)。在日本,Kyoto 数字城市开始于 1999 年末,与 Amsterdam 不同的是,Kyoto 不是凭空想象的,而是对应着现实城市的,但同时为用户提供了参与和重组数字城市的工具(Ishida, 2002)。“The Universal Design of Digital City”项目于 2000 年在日本启动,目的是构建一个城市的数字基础,为所有人服务,包括残疾人和老年人(Ishida, 2001)。

### 2. 美洲

美国的社区网络,如 Blacksburg 和 Seattle,商业网站,如数字城市 AOL 以及微软的 Sidewalk(Ishida et al., 2005)。美国的 AOL 开发数字城市为市民和旅游者提供信息服务,来推动当地经济的发展。虚拟洛杉矶则充分利用计算机技术将数字城市与现实城市联系在一起,允许居民通过三维虚拟城市直接参与城市规划(Nunes, 2005)。

### 3. 欧洲

欧洲的数字城市的概念起于 1994 年的 Amsterdam 的 De Digitale Stad(van den Besselaar and Beckers, 1998, 2005),到 1998 年 Amsterdam 已经有 8 万用户。不同于美国的数字城市,荷兰政府直接支持 De Digitale Stad 项目,DDS 除了支持社区活动还支持政治会谈。芬兰 1995 年的 Helsinki 数字城市(Linturi et al., 2000; Linturi and Simula, 2005)联合了 IBM 和 Nokia 等公司和当地大学的技术力量,提供虚拟旅游和公共城市服务。例如,通过 Helsinki 城市博物馆的三维虚拟空间可以了解城市的历史。在爱尔兰,Eircom 电信公司在当局和志愿者的支持下于 1993 年开始构建“Ennis Information Age Town”(Gotzl, 2002; Mino, 2000)。

## 4. 非洲

非洲的信息化基础相对薄弱,但也开始了数字城市的进程,如东非的肯尼亚以及南非的约翰内斯堡都已启动了数字城市的建设工作。

# 1.2 国内外 16 个典型数字城市在线网站

## 1.2.1 数字地球类

(1) Map Quest(图 1.1),提供浏览器模式的地图及卫星图的搜索定位,支持查找最近加油站等应用。

在线网址:<http://www.mapquest.com>

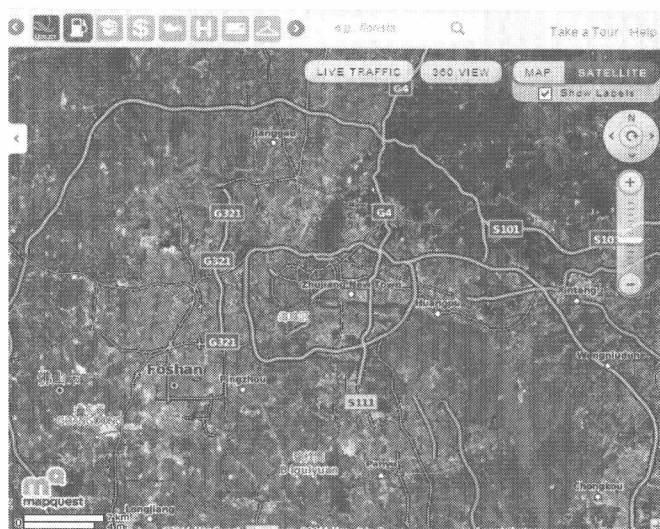


图 1.1 Map Quest

(2) Google Earth(图 1.2),有客户端模式和浏览器模式。客户端模式能提供更多的功能和更好的用户操作体验。Google Earth 采用矢量模型的方式来进行 3D 渲染。

在线网址:<http://maps.google.com>

客户端下载网址:<http://www.google.com/earth/index.html>

(3) Virtual Earth(图 1.3),也叫 Bing Maps。Virtual Earth 采用栅格影像贴图的方式来进行 3D 渲染,使得影像看起来更逼真。Microsoft 的 3D 版 Virtual Earth,采用了 IE 插件。

在线网址:<http://cn.bing.com/ditu/>

客户端下载网址:<http://microsoft-virtual-earth.en.softonic.com/>

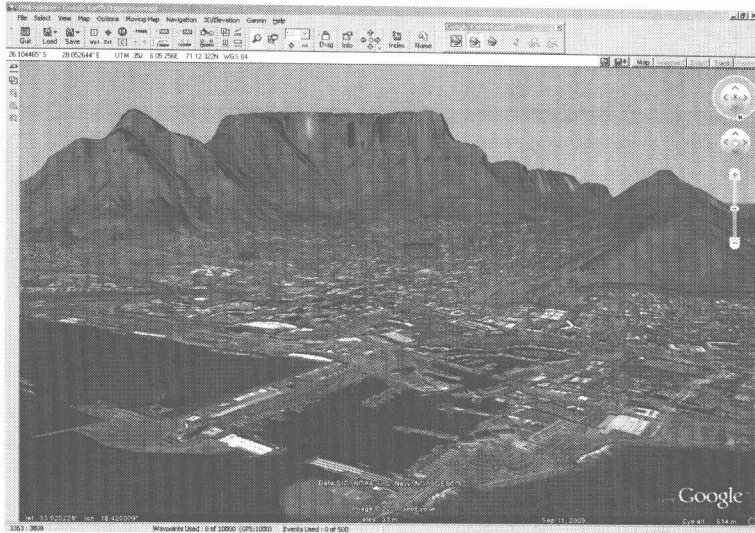


图 1.2 Google Earth



图 1.3 Virtual Earth

(4) World Wind(图 1.4), World Wind 与 Google Earth 类似,能够让用户以三维视角浏览全球任意地方。它在制作地图上功能不是很强大。

客户端下载网址:<http://worldwind.arc.nasa.gov>

## 1.2.2 数字城市类

(1) E都市(图 1.5),作为三维仿真的网上交互性城市平台,是基于 WebGIS 和虚拟现实技术实现的,通过三维实景模拟的表现方式,无缝地集成城市电子地图、三维电子黄

页、生活资讯、电子政务、同城电子商务、同城交友、虚拟社区等服务内容。

在线网址:<http://www.edushi.com>

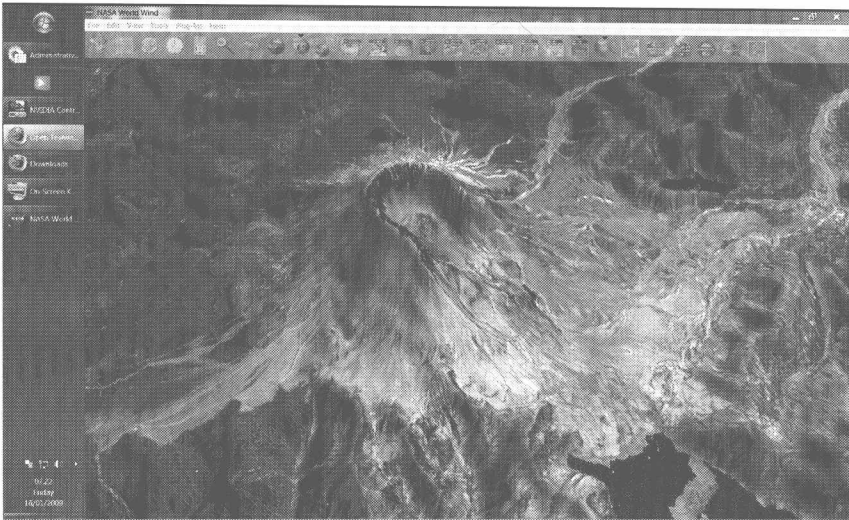


图 1.4 World Wind



图 1.5 E都市

(2) 空间体验网(图 1.6),为客户展示、招商、汇报宣传的综合平台,移动的展示版本,让销售经理能够随时随地与客户进行交流和展示,并提供输出效果图的功能,可以为宣传策划提供内容。

在线网址:<http://www.ncity.com>



图 1.6 空间体验网

(3) Virtual Los Angeles(图 1.7), 至今已成功完成十多个城市仿真项目, 是当今城市仿真系统中最成功、最复杂的系统。视景包括从洛杉矶盆地的卫星影像到街道景观, 精确到植物、建筑物的窗口、外墙的纹理等。其中洛杉矶大学医院的仿真详细到可以对建筑内部的每一个层面进行漫游, 用鼠标点击墙面或天花板就能得到平面设计图及相应的属性数据, 实现了在仿真中对 GIS、CAD 及对象属性的实时查询。该系统作为城市规划和建设的重要手段, 在加利福尼亚州 Pico Union 区地震破坏的重建中得到应用。设计人员通过仿真模型和地理信息数据来确定毁坏的建筑物数量以及需要改造的街道、绿地、房屋等, 对重建城区进行规划设计, 再将新数据存入该系统, 实现了信息系统的良性循环。应用软件: Multigen Creator/Vega。

在线网址: <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/ust.html>

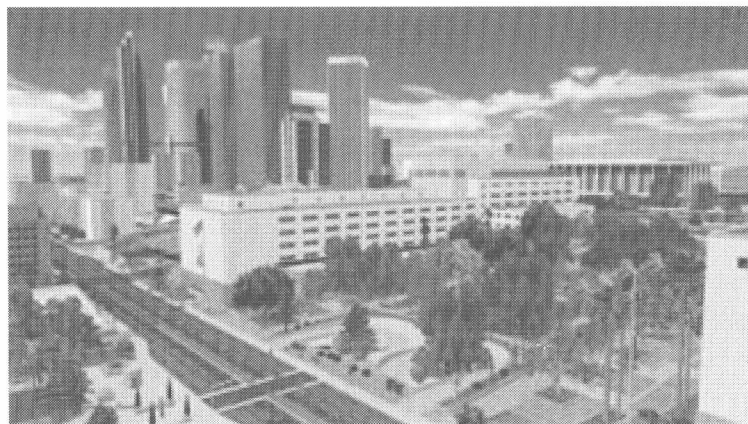


图 1.7 Virtual Los Angeles