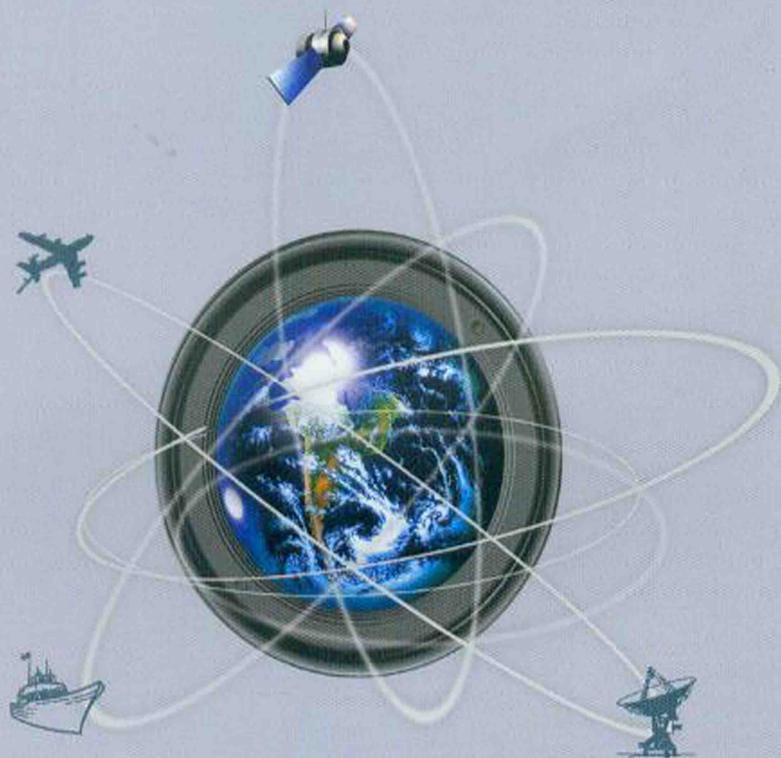


对地观测传感网信息服务的 模型与方法

Model and Method of
Earth Observation Sensor Web Service

陈能成 陈泽强 何杰 闵敏 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

对地观测传感网信息服务的模型与方法

Model and Methodology of earth observation sensor web service

陈能成 陈泽强 何杰 闵敏 著

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

对地观测传感网信息服务的模型与方法/陈能成,陈泽强,何杰,闵敏著. —武汉:武汉大学出版社,2013. 1

ISBN 978-7-307-10237-8

I. 对… II. ①陈… ②陈… ③何… ④闵… III. 地球观测—空间大地测量—传感器—网络服务—研究 IV. ①P228 ②TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 253874 号

责任编辑:谢文涛 责任校对:黄添生 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:459千字 插页:2

版次:2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

ISBN 978-7-307-10237-8/P·206 定价:39.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

序

随着传感器、通信技术和 3S 技术的飞速发展，使得信息服务从原来的在线服务逐渐发展为目前的即时服务。对地观测传感网是传感器网络、遥感、互联网、地理信息系统及服务计算技术相结合的产物。

本书作者从 2006 年起在美国乔治梅森大学空间信息科学与研究中心师从美国地理信息标准委员主席狄黎平教授开始研究对地观测传感网，参与了美国宇航局对地观测传感网研究计划，作为主要成员构建了“Sensor Web 2.0”系统，获得了 2008 年国际科技研发创新奖（R&D Top 100 Award）。2008 年回国后，在武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室创建了对地观测传感网研究小组（<http://swe.whu.edu.cn/>），先后获得了国家 863 计划项目、国家 973 计划和国家自然科学基金等项目的支持，开发了传感器建模与可视化软件 SensorModel 和对地观测传感网信息服务平台 GeoSensor。

在这本著作中，作者阐述了对地观测传感网信息服务的国内外进展、概念与特征、体系架构、关键技术、软件平台和典型应用，主要提出了虚拟传感网与决策支持系统耦合的自适应观测数据服务模型、数据与传感器的网络化规划服务、可扩展的传感器观测服务、对地观测数据服务搜索、多版本地球空间信息服务统一访问、传感网信息服务协同和组合等理论与方法，以对地观测传感网信息服务平台 GeoSensor 为基础，结合鸟类迁徙、视频变化检测和洪水检测为例，介绍了典型应用。

本书是作者多年来长期从事对地观测传感网的理论方法、体系结构、平台研发的结晶，具有较高的理论高度和实用价值。阅读本书，计算机科学的读者可以了解对地观测传感网的需求及其进展，地球空间信息科学的读者可以了解计算机和通信技术的知识，应用开发人员可以了解对地观测传感网信息服务的软件体系结构和接口协议。

随着 Web3.0、下一代互联网、云计算和传感网技术的发展，智慧地球和智慧城市的问世，对地观测传感网信息服务呈现出虚拟化、智能化、普适化和主动化等特点，并朝着空天地集成化的协同观测、高效处理和聚焦服务发展。目前，空天地集成化的对地观测传感网及其各种应用已经成为国际研究的热门问题。祝愿作者的研究更上一层楼，做出更大的成就！



前 言

对地观测传感网是对地观测的“物联网”，它是将具有感知、计算和通信能力的传感器以及传感器网络与万维网相结合而产生的，具备大规模网络化观测、分布式信息高效融合和实时信息服务的能力。自从2003年第一个卫星传感网原型系统的实现，激发了将对地观测传感器与地理信息系统无缝连接的发展，无论是“智慧地球”、“智慧城市”、“智慧流域”的建设，或是个人的“智慧出行”，都离不开对地观测传感网技术的支持。

本书作者从2006年开始，系统地开展了对地观测传感网信息服务的理论方法、体系框架、平台开发和应用案例的研究。本书从对地观测传感网信息服务的国内外研究进展出发，阐述了传感器网络和对地观测传感网的概念，概括了对地观测传感网的三层架构和八大特征；在对地观测传感网的服务模型上，提出了耦合决策模型和虚拟传感网的自适应观测数据服务模型，包含5个核心部件、4个信息模型和编码规范、3种服务模式和4种接口协议；围绕网络环境下对地观测传感器和数据的发现、注册、规划、访问、处理、组合和协同等科学问题，提出了数据与传感器规划服务、柔性对地观测数据服务、遥感观测服务快速注册、基于本体推理和能力匹配的开放地理信息服务发现、基于片段和语义模式匹配的多版本地理信息服务统一访问、基于云架构的传感网数据处理服务、知识驱动的传感网服务链构建等，系统地构建了对地观测传感网即时服务方法体系；在对地观测传感网信息服务软件平台上，介绍了GeoSensor的体系结构、技术特点和主要功能，剖析了基于传感网服务的鸟类迁徙、视频变化检测、洪水检测和制图应用案例；最后阐述了对地观测传感网服务虚拟化、智能化、普适化和主动化等发展趋势，并论述了对地观测传感网分布式融合和对地观测语义传感网的挑战。

本书的研究成果，获得了国家973项目《空天地一体化对地观测传感网的理论与方法》(2011CB707101)、教育部新世纪优秀人才项目《地理空间传感网资源动态管理与布局优化的理论与方法》(NCET-11-0394)、国家自然科学基金面上项目《地学 workflow 驱动的传感网即时协同制图方法》(41171315)、国家863项目《基于虚拟传感网的自适应观测服务技术及原型研制》(2007AA12Z230)、国家自然科学基金创新群体项目《多传感器对地观测网络数据精确处理与空间信息智能服务》(41021061)等科研项目的资助，作者对以上各方面的支持表示热忱的感谢！

作者所在的武汉大学“智慧地球”研究团队，由年轻而富于朝气的青年教师、博士生和硕士生组成，先后培养了20余名研究生。在国内外公开发表了相关学术论文90余篇，其中，被SCI、EI检索收录65篇次。可以这样说，《对地观测传感网信息服务的模型与方法》一书是整个研究团队集体智慧的结晶和辛勤劳动的成果。

作者衷心感谢中国科学院院士龚健雅教授多年来对学生的关爱和扶持，感谢他亲自为

本书作序。时光如梭，记得 15 年前的夏天，我有幸成为我国第一批特聘教授、跨世纪学科带头人龚健雅院士的学生，从此我的学习与生活揭开了崭新的一页。导师认真刻苦的工作态度、严谨的学风和团队合作的理念，是我学习的楷模。

中国工程院院士、中国科学院院士、国际摄影测量与遥感专家和地理信息科学权威李德仁教授长期以来对本方向的研究给予了莫大的关怀和照顾，在此表示衷心的感谢。

还要感谢武汉大学出版社，特别是王金龙先生的大力支持。他们的艰辛劳动，促成了本书的顺利出版。

本书的完成，狄黎平教授、王伟教授、乐鹏教授、卜方玲副教授、严颂华副教授、王超博士、王泉博士、陈旭博士、喻歌农博士、赵霏生博士、陈爱军博士、白玉琪博士等也起到了重要的作用；国家科技部、国家自然科学基金委、教育部等提供了支持与帮助。在此，一并表示衷心的感谢！

感谢家人，正是他们多年的支持、理解与宽容才使我完成了本书！

感谢所有支持作者从事对地观测传感网研究与开发的个人与单位！

由于作者水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，敬请广大读者批评和指正。

陈能成

2012 年 8 月 1 日于武汉

目 录

第1章 绪论	1
1.1 传感器	1
1.2 传感器网络(sensor Network)	2
1.2.1 典型架构技术	3
1.2.2 典型服务模式	4
1.2.3 相关标准与技术规范	4
1.2.4 国内外相关应用案例	5
1.3 传感网(Sensor Web)	5
1.3.1 美国宇航局传感网(NASA Sensor Web)	5
1.3.2 开放地理信息联盟传感网(OGC Sensor Web)	9
1.4 对地观测传感网(Earth Observation Sensor Web)	13
1.5 本书的内容和组织结构	16
第2章 自适应观测数据服务模式	18
2.1 对地观测数据服务模式	18
2.1.1 基于目录导航的数据下载模式	18
2.1.2 基于元数据的查询与预订模式	18
2.1.3 观测数据开放式服务模式	18
2.1.4 观测数据即时服务模式	20
2.2 自适应观测数据服务模式	21
2.2.1 核心部件	22
2.2.2 信息模型	25
2.2.3 服务模式	35
2.2.4 接口协议	36
第3章 数据和传感器规划服务	57
3.1 传感器规划服务	57
3.1.1 概述	57
3.1.2 操作	59
3.1.3 交互流程	60
3.1.4 实现情况	61

3.2 数据和传感器规划服务的设计与实现	63
3.2.1 DSPS 的体系架构	63
3.2.2 DSPS 的交互设计	64
3.2.3 DSPS 的实现	66
3.3 DSPS 关键技术	68
3.3.1 基于资源适配器的规划服务中间件	68
3.3.2 基于消息通知机制的任务调度机制	71
3.3.3 基于抽象工厂类的多模式消息适配器	71
3.3.4 基于插件机制的客户端适配器组件	73
3.4 DSPS 与 SGP4 的连接	74
3.4.1 传感器资源配置文件	74
3.4.2 传感器实例的实现	76
3.4.3 结果	77
3.5 DSPS 与 ECHO 的连接	78
3.5.1 传感器资源配置文件	79
3.5.2 传感器实例的实现	81
3.5.3 结果	82
第4章 多用途传感器观测服务	84
4.1 传感器观测服务	84
4.1.1 交互序列	85
4.1.2 已有实现	89
4.2 多源异构传感器观测服务	90
4.2.1 多用途服务体系结构	90
4.2.2 多用途服务的交互设计	91
4.2.3 多用途服务的实现	92
4.2.4 传感器观测服务实验	98
4.3 传感器观测服务注册	102
4.3.1 注册体系	102
4.3.2 注册流程	104
4.3.3 实例研究: EO-1 SOS 的注册	106
第5章 地理信息服务搜索	109
5.1 空间信息搜索	109
5.2 搜索引擎	111
5.2.1 Lucene 的工作原理	111
5.2.2 Hadoop 的基本原理	113
5.2.3 Nutch 的工作原理	114

5.3 本体	115
5.3.1 本体的构建	116
5.3.2 本体网络语言	118
5.4 基于本体的地理信息服务搜索	121
5.4.1 高精度服务搜索体系结构	121
5.4.2 基于能力匹配的服务发现	122
5.4.3 OWS 本体的创建与注册	124
5.5 地理信息服务搜索实验	128
5.5.1 地理信息服务搜索部署	128
5.5.2 地理信息服务本体创建与注册	133
5.5.3 地理信息服务查询	134
第 6 章 地理信息服务统一访问	138
6.1 地理信息服务访问	138
6.2 基于片段的模式匹配方法	140
6.2.1 体系结构	140
6.2.2 方法实现	142
6.2.3 方法实验	151
6.3 基于语义的模式匹配方法	160
6.3.1 体系结构	160
6.3.2 方法实现	161
6.3.3 方法实验	166
6.4 动态信息提取方法	168
6.4.1 信息提取和转换基本原理	169
6.4.2 信息提取和转换规则生成	169
6.4.3 网络服务模式信息提取和转换实验	171
6.5 多版本网络服务统一访问原型系统实现	174
6.5.1 系统设计考虑	174
6.5.2 总体架构	174
6.5.3 系统部件	175
6.5.4 系统主要功能	176
6.6 南极空间数据基础设施集成应用	183
6.6.1 南极空间数据基础设施	183
6.6.2 南极空间服务和数据注册	183
6.6.3 南极空间服务统一访问	184
6.6.4 实例	186
第 7 章 传感网数据处理服务	188
7.1 地理空间数据网络处理	188

7.2	传感网数据处理服务模式	189
7.3	网络处理服务分类	191
7.3.1	空间处理	191
7.3.2	专题处理	192
7.3.3	时间处理	193
7.3.4	元数据处理	193
7.4	基于云计算的网络处理服务	194
7.4.1	Apache Hadoop 简介	194
7.4.2	云计算环境下 WPS 的设计和实现	195
7.5	基于网络处理服务的 NDVI 计算	198
第 8 章	协同和事件通知服务	202
8.1	Web 服务异步传输机制	202
8.1.1	Web 服务异步传输协议	202
8.1.2	异步调用模式	203
8.1.3	基于 SOAP 应用的异步服务的实现技术	207
8.2	OGC 异步服务传输机制	207
8.2.1	OGC OWS 服务的消息通信机制	207
8.2.2	OGC OWS 异步服务调用模式	209
8.2.3	OGC 消息通知服务	209
8.3	基于消息通知的 OGC 网络服务异步操作	212
第 9 章	传感网服务组合	215
9.1	工作流	215
9.2	地理信息服务链	218
9.3	传感网空间信息服务链	220
9.3.1	抽象工作流	221
9.3.2	具体工作流	223
9.3.3	实现	224
9.4	基于传感网工作流的野火热点探测实验	226
9.4.1	GPW 原型	226
9.4.2	野火灾害应急响应系统的使用	227
9.4.3	EO-1 实时 Hyperion 数据火点分类服务	227
第 10 章	传感网信息服务平台——GeoSensor	230
10.1	GeoSensor 系统简介	230
10.1.1	GeoSensor 服务端	230
10.1.2	GeoSensor 客户端	231

10.2	技术特点	231
10.2.1	跨平台的部署	231
10.2.2	开放的地图服务	232
10.2.3	多类型可扩展的传感器服务	232
10.3	功能简介	232
10.3.1	传感器服务功能	232
10.3.2	网络地图服务功能	232
10.3.3	网络数据处理服务功能	232
10.3.4	客户端的基本功能	232
10.4	使用示例	233
10.4.1	传感器观测服务操作	233
10.4.2	传感器规划服务操作	242
10.4.3	网络覆盖服务	246
10.4.4	网络地图服务	248
10.4.5	网络处理服务操作	251
第 11 章	系统用例	253
11.1	基于传感网服务的鸟类迁徙	253
11.1.1	鸟类迁徙模型与数据服务系统互操作框架	255
11.1.2	数据服务 workflow	257
11.1.3	模型状态流	262
11.2	基于传感网服务的视频变化检测实验	263
11.2.1	基于传感网服务的视频变化检测框架	264
11.2.2	实时变化检测实现	265
11.2.3	结果	266
11.3	基于传感网服务的洪水检测与制图	272
11.3.1	方法	273
11.3.2	泰国洪水检测与制图实验及结果	279
第 12 章	总结和展望	281
12.1	全书总结	281
12.2	发展趋势	283
12.2.1	对地观测传感网服务	284
12.2.2	对地观测传感网融合	286
12.2.3	对地观测语义传感网	287
	参考文献	290

第 1 章 绪 论

计算机、通信、微电子和传感器等技术的快速发展，传感器、互联网和地理信息的不断融合，对地观测数据的获取、存储、表达、处理和应用已经开始发生巨大的变化。1999年8月30日发行的《商业周刊》杂志上描述21世纪的21项新概念时，(Neil Gross, 1999)对未来的观测系统做出了预测，称之为“地球的电子表皮”，并描述为“在下一个世纪，地球将披上一层电子表皮。它将以网际网络为骨架，并传达感知。这层电子表皮由上百万个电子传感器组成，包括温度计、压力计、空气污染探测器、照相机、麦克风、葡萄糖感测器、心电图感测器、脑波感测器等。这些电子传感器无时无刻地观察并监控城市、濒临绝种的动物、大气层、船舶、高速公路上的交通、载货卡车、人类的日常对话、身体状况，甚至是我们的梦。”李德仁于2005年提出了广义空间信息网格的概念和框架，指出智能传感器网络将实现地理信息系统和传感器的无缝连接。自然杂志发表封面论文(Butler, 2006)《2020 Vision: Everywhere, Everything》指出，传感网(Sensor Webs)是2020年的计算远景，它将首次实现大规模实时获取与处理现实世界的的数据，是一个触及现实世界的信息科学，将是下一个科技前沿。

1.1 传感器

传感器是获取自然和社会生活各种信息的主要途径与手段，它已经被广泛应用于工业生产、太空探索、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程、文物保护等活动，传感器技术在发展经济、推动社会进步方面具有重要作用。传感器是一种能把物理量或化学量转变成便于利用的电信号的器件。国际电工委员会(International Electrotechnical Committee, IEC)的定义是“传感器是测量系统中的一种前置部件，它将输入变量转换成可供测量的信号”。我国国家标准(GB7665-1987)中将传感器(Transducer/Sensor)定义为“能够感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成”。

传感器种类繁多，不同领域分类不尽相同。例如，按工作机理，可分为物理、化学、生物等类型；按构成原理，可分为结构与物性两大类型；按能量模式，可分为能量控制和能量转换两种类型；按用途，可分为如位移、压力、振动、温度等类型；按信号输出模式，可分为模拟和数字两种类型；按转换过程，可分为双向和单向等；按感测距离，可分为原位(in-situ)和远程(remote)传感器；根据是否真实存在于物理世界而分为现实和虚拟传感器。目前，在人们的日常生活中各种传感器已经无处不在。随着科技的不断发展，传感器未来的发展将趋向更小、更轻、更省电、更低成本，应用范围也将更广泛。

1.2 传感器网络 (Sensor Network)

随着网络通信技术的发展,出现了各种网络通信技术和协议(如微波通信、卫星通信等),使得科学家不需要实地到传感器所在监测站点去获取数据,而是通过网络通信技术就可以实时获取部署在地球任何角落的传感器的数据。

传感器网络(Sensor Network)便是指这样一组通过网络基础设施相互连接的传感器,它既可指人们通常所说的无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN),也可以是指一组网络连接的气象站点,一组网络连接的摄像头,甚至是一组小卫星等。(Akyildiz等,2002)曾经定义传感器网络为一组由计算机网络连接起来的用于协作监测某种现象的传感器节点。如图1-1所示,每个传感器节点的硬件构成大体包含四大组成部分:感知、处理器、无线通信和能量单元。除了传感器节点外,传感器网络通常还包括汇聚节点和管理节点。大量的传感器节点随机部署在监测区域内部或附近,能够通过自组织方式构成网络。监测数据沿传感器节点逐跳传输,在传输过程中监测的数据可能被多个节点处理,经过多条路由后到达汇聚节点,最后通过互联网或卫星通信网到达管理节点。用户通过管理节点对传感器网络进行配置和管理,发布监测任务以及收集监测数据。传感器网络(Tilak等,2002)具有可靠、精确、灵活性、低成本、高效率、部署方便等特点,这使得传感器网络具有广泛的应用领域,可以实现各种环境下的可靠监测、信息采集和融合处理。

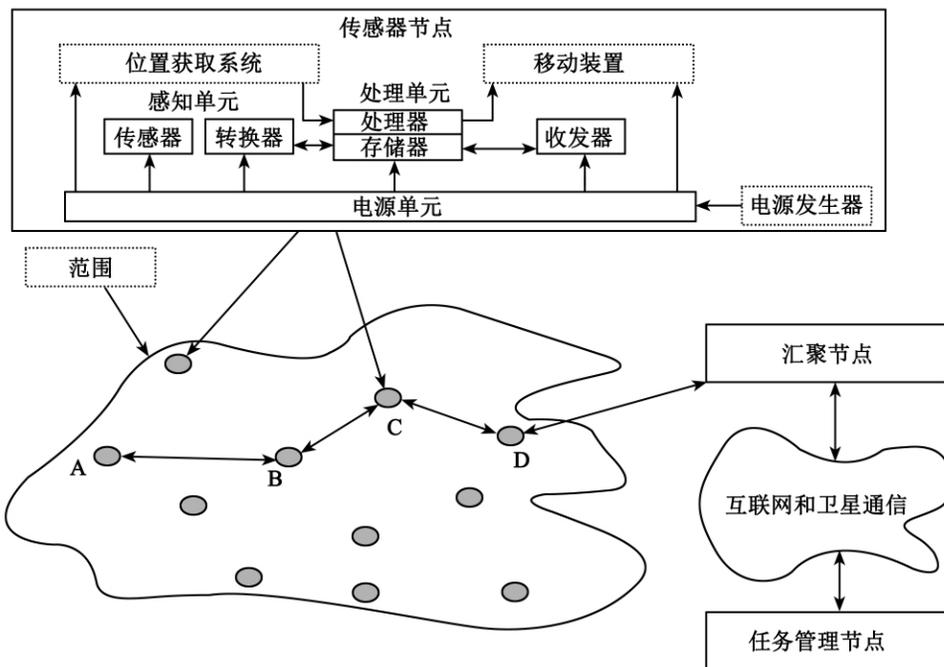


图 1-1 传感器网络结构

无线传感器网络是目前发展最快的一种传感器网络，它有助于更准确、灵活地从远程位置监测和控制各种观测现象。因此，甚至有人将无线传感器网络等同于传感器网络。如今，国内外对无线传感器网络的研究已经涉及各个应用领域，并取得极大进展（Yuen 等，2006）。基于 WSN 的地基观测系统是由部署在监测区域内的具有传感、数据处理和短距离无线通信功能的传感器节点通过自组织方式形成的多跳网络。其目的是利用传感器节点对特定感知对象的信息进行数据采集及处理，并且通过多跳网络进行传输，以协同工作方式完成监测任务（David 等，2004，Philippe 等，2001）。无线传感器网络技术提供的时间连续性数据极大丰富了对地观测数据，（宫鹏，2007）认为地面观测传感器网络是空天地一体化的对地传感网服务系统的重要组成部分，其对地学研究的作用类似于遥感，但是它更侧重于用地面传感器网络技术获得在地面不同空间结构位置上的参数信息。

1.2.1 典型架构技术

目前无线传感器网络采用的典型体系架构主要有：EYES 工程移动传感器网络架构（Havinga 等，2003）和 EASINET 网络架构（Yao 等，2002）。

EYES 工程是一个为期 3 年（2002—2005）的欧洲研究项目（IST-2001-34734），它是一个自组织和协作的节能传感器网络，实现了分布式信息处理、无线通信和移动计算的集成。该工程的目的是开发新的传感器网络体系架构和相关技术，实现新型传感器的高效组网。EYES 工程通过提供一个灵活的平台，支持了大规模的移动传感器网络应用。在 EYES 架构中，定义了两个关键的抽象系统层：传感器和组网层、分布式服务层。①传感器和组网层：该层包括传感器节点和网络协议。自适应的路径定位协议允许消息通过多种传感器节点传递，同时顾及到节点的移动性和拓扑结构的动态变化。因为传感器节点的能源供应有限，通信协议必须高效节能。②分布式服务层：分布式服务层是支持移动传感器应用的分布式服务，分布式服务互相协同以实现分布式服务。这些分布式服务器具有高可用性，分布式服务主要包含两种类型：查询服务、信息服务（支持大数据量的获取、处理、分发和应用）。

EASINET 网络架构认为基于无线传感器网络的观测系统是一个非常复杂的系统应用，它涉及前端器件、设备、系统以及网络服务。EASINET 将观测系统按照四个层次建立了模型，包括感知层、传输层、支撑层和应用层。①感知层：感知层主要通过各种类型的传感器对物质属性、环境状态行为态势等静、动态的信息进行大规模、分布式的信息获取与状态辨识，针对具体感知任务对多类型、多角度、多尺度的信息进行在线计算，并与网络中的其他单元共享资源进行交互与信息传输。②传输层：传输层的主要功能是直接与现有的互联网、移动通信网、无线接入网、无线局域网或者卫星网等基础网络设施进行接入和传输。③支撑层：支撑层是在高性能计算技术的支撑下，将网络内大量的信息资源通过计算整合成一个可以互联互通的大型智能网络，为上层服务管理和大规模行业应用建立起一个高效、可靠和可信的支撑技术平台。通过能力强大的中心计算及存储机群和智能信息处理技术，对网络内的海量信息进行实时的高速处理，对数据进行智能化的挖掘、管理、控制和存储。④应用层：应用层根据用户的需求可以构建面向各类行业实际应用的管理平台和运行平台，并根据各种应用的特点集成相关的内容服务。EASINET 各层次间既相互独

立又紧密联系。为了实现整体系统的优化功能服务于某一具体应用，各层间资源需要协同分配与共享。

1.2.2 典型服务模式

无线传感器网络作为一个分布式观测系统，能够提供标准化服务、适应资源和应用需求动态变化的自适应策略和机制，无线传感器网络包括以下四种典型服务模式：

(1) 基于数据库启发的方法：把整个网络看做一个分布式数据库，用户使用类似 SQL 的查询命令获取所需的数据，查询通过网络分发到各个节点，节点判定感知数据是否满足查询条件，决定数据的发送与否，典型系统有 COUGAR (Yao 等, 2002) 和 TinyDB (Madden 等, 2005)。

(2) 基于元组空间的方法：元组空间就是一个共享存储模型，数据被表示为基本数据结构——元组，通过对元组的读、写和移动实现进程的协同，典型系统有 TinyLinme (Carlo 等, 2005)。此方法非常适合具有移动特性的服务，并具有很好的扩展性，缺点是其实现对系统资源要求也相对较高。

(3) 基于事件驱动的方法：基于事件通知的通信模式，通常采用发布/订阅机制，可提供异步的、多对多的通信模式，典型系统有 DSWare (Li 等, 2005; Di, 2007)，它是一个位于应用层和网络层之间的数据服务中间件，为应用提供数据服务的抽象。事件驱动的方法有许多的优点，例如支持局部决策、分布式存储共享等，缺点在于对异构和移动传感器网络支持不足。

(4) 基于服务发现的方法：根据网络环境的变化而被动作出反应，如网络拓扑、节点功能等发生变化时，调整某些参数，来满足一定的服务质量 (Quality of Service, QoS) 需求，典型系统有 TinyCubus (David 等, 2004)。这类系统具有良好的自适应性，但异构性、通用性和移动性支持仍需进一步加强。

1.2.3 相关标准与技术规范

随着无线传感器网络应用的不断拓展，迄今为止，无线传感器网络的标准化工作受到了许多国家及国际标准组织的重点关注，已经完成了一系列标准规范的制定，其中最出名的就是 IEEE 802.15.4/ZigBee 规范。IEEE 802.15.4 定义了短距离无线通信的物理层及链路层规范，ZigBee 则定义了网络互联、传输和应用规范。此外，针对特定行业的 IEEE1451 标准族提供了一套通用的接口访问无线或有线传感器。IEEE1451 标准族 (Kang, 2000) 是智能传感器接口标准，它描述了一系列开放、通用、协议无关的通信接口用于连接传感器或执行器到微处理器、仪器系统、控制/现场网络。这些标准的主要特点是定义了传感器电子数据表格 (TEDS)。TEDS 是一个连接传感器的存储设备，用以存储传感器识别、标定、校正数据、测量范围和有关的生产信息等。

中国的传感器网络标准化工作于 2006 年底启动，2007 年底经国家标准化管理委员会批准，组建了传感器网络标准化工作组。该工作组已主持完成我国的传感器网络 6 项标准征求意见稿 (徐勇军等, 2008)，包括《总则》、《术语》、《低速无线传感器网络网络层和应用支持子层技术规范》、《信号接口规范》、《信息安全通用技术规范》、《标识传感节

点编码规范》。另外，该工作组提交给 ISO/IEC/JTC1（ISO/IEC 信息技术委员会）的一项关于“传感器网络信息处理服务和接口规范”的国际标准提案 ISO/IEC/JTC1/N9940 已通过新工作项目（NP）投票。

1.2.4 国内外相关应用案例

美国加州大学伯克利分校利用传感器网络（Alan 等，2002）监控大鸭岛（Great Duck Island）的生态环境，在岛上部署 30 个传感器节点，传感器节点采用 Mica mote 节点，包括监测环境所需的温度、光强、湿度、大气压力等多种传感器。系统采用分簇的网络结构，传感器节点采集的环境参数传输到网关，然后通过传输网络、基站、Internet 网络传输数据到数据库中，用户或管理员可以通过 Internet 远程访问监测区域。哈佛大学 Matt Welsh 等人将传感器网络应用于火山的监测（Geoffrey 等，2006），他们分别于 2004 年和 2005 年对厄瓜多尔的 Tungurahua 和 Reventador 两座火山进行监测。该网络由 16 个传感器节点组成，每个传感器间隔 200 ~ 400 米不等。在 19 天的观测中，网络观测到 230 次喷发和其他事件。美国加利福尼亚州索诺马县应用 WSN 研究红木树林的现状（Gilman 等，2005），每个传感器节点用于测量空气温度、相对湿度以及光合有效辐射作用，在树的不同高度放置节点，生物学家可以追踪红木树林小气候的空间渐变情况，从而验证其生物学理论。

国内近年来使用传感器网络开展对地观测的应用也日益增多。在 2008 年汶川大地震后形成的唐家山堰塞湖的处置过程中，中科院上海微系统与信息技术研究所快速架设的“堰塞湖远程宽带视频监控系统”用于应急管理，提供实时监控（<http://ch.undp.org.cn/downloads/cpr/2.pdf>）。北京师范大学项目组研制的“极端环境无线传感器网络观测平台”在南极成功安装，可以观测垂直剖面 9 层雪温、雪表面湿度、光照、大气压、雪深等参数（<http://polar.chinare.cn/times/4431.html?projid=755>）。Liu Yunhao 等在浙江天目山建立了多达 1000 个传感器节点的“绿野千传 GreenOrbs”观测系统，GreenOrbs 可以实现准确和经济的大片森林郁闭度测量，另外，GreenOrbs 还可以通过对温度、湿度和风力等环境关键因素的观测，进行准确火灾风险评估。

1.3 传感网（Sensor Web）

1.3.1 美国宇航局传感网（NASA Sensor Web）

传感网这一概念起源于喷气推进实验室开始的传感网原型系统，用于从无线传感器网络的单纯监控扩展到周围环境的智能感知与控制。Delin 等的定义为“传感网是由一组空间分散的无线通信传感器节点组成的系统，这些传感器节点易于部署于新环境进行监测和探测。每个节点都包括与环境交互进行数据采集的变换器模块和进行通信的通信模块”。传感网区别于传感器网络（Delin 和 Jackson，2001）的独特性在于一个传感器节点获取的信息可以被其他节点共享和使用，并且还会根据网络中其他传感器的各种测量行为来进行自我调整以适应整个感测环境。

