



中国海洋大学
OCEAN UNIVERSITY OF CHINA

硕士学位论文

MASTER DISSERTATION

论文题目: 通用物联网数据采集与分析平台的研究与实现

英文题目: The research and implementation of universal data acquisition
and analysis platform for Internet of things

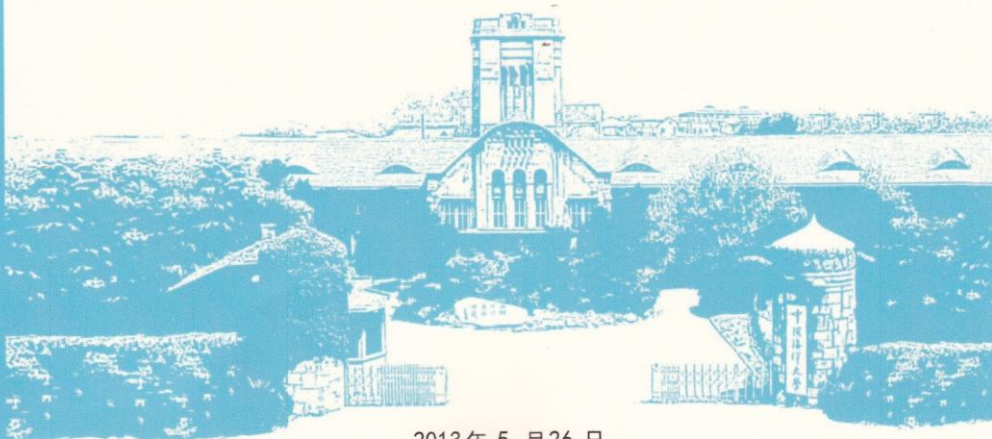
作者: 耿盼盼

指导教师: 丁香乾

学位类别: 全日制学术学位

专业名称: 信号与信息处理

研究方向: 智能测控技术



2013年5月26日

通用物联网数据采集与分析平台 的研究与实现

学位论文答辩日期: 2013.5.26

指导教师签字: 丁强

答辩委员会成员签字: 陈进

傅永

韩雷

李欣

独 创 声 明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的
研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含
其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含未获得
(注：如没有其他需要特别声明的，本栏可空)或其他教育机构的学位或证书
使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作
了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：耿盼盼 签字日期：2013 年 5 月 26 日

学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，并同意以
下事项：

- 1、学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许
论文被查阅和借阅。
- 2、学校可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以
采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同时授权清华大学“中
国学术期刊(光盘版)电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》，
授权中国科学技术信息研究所将本学位论文收录到《中国学位论文全文数据库》。
(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：耿盼盼

导师签字：



签字日期：2013 年 5 月 26 日

签字日期：2013 年 5 月 26 日

通用物联网数据采集与分析平台的研究与实现

摘要

目前，物联网已广泛应用于智能家居、智控交通、智能消防、环境监测、物流快递、食品溯源、工业监测、酒店管理、健康护理等多个领域。随着物联网时代的到来，越来越多的人希望可以通过网络方便快捷地获取物联网数据信息，随时对数据进行观察处理，以便做出相应的决策。

针对目前物联网感知设备种类繁多，采集的信息量大，数据类型不确定、格式不一致、呈现方式多样、处理与分析困难的问题，本文设计并实现了一种通用物联网数据采集与分析平台，构建了一种通用物联网数据模型，使得各种类型的物联网感知设备采集到的数据都可以用该通用物联网数据模型来表示，从而实现了数据的统一接入。

平台提供了统一的 Web Services 接口，使得物联网感知设备采集端和平台服务端之间可以通过 REST、XMLRPC、JSON、SOAP、AMF 等多种服务器进行交互，从而实现了物联网感知设备数据采集端与平台服务端之间的松耦合，使平台的构建更加灵活，应用开发也更加便捷。

平台还集成了 ECA 规则模块，根据平台管理者或用户预设的 ECA 规则，此功能模块可以对上传到平台服务端的物联网感知设备实时数据进行自动分析，及时发现物联网感知设备检测对象存在的问题，并对此作出相应的响应，从而对物联网感知设备检测对象的状态进行控制或通知平台用户事件的发生，以便用户对此作出相应的决策。

此外，平台的数据可视化模块为用户提供图形化的操作界面，用户可以设置可视化相关参数，将请求提交给平台，数据可视化模块对数据进行统计分析，并对结果数据进行可视化处理，以基本格式（表格、网格、HTML 列表等）或图表格式（折线图、柱状图、饼图等）等多种形式将历史数据呈现给用户，以使用户观察数据的动态变化，进而预测以后环境中的数据变化，并据此对 ECA 规则模块中的触发事件、触发条件和触发动作进行设置。

本文将开源 Web 内容管理框架 Drupal 选作基础开发平台，在此基础上实

现了通用物联网数据采集与分析平台的基本功能，并分别将平台应用于健康护理领域和能源管理领域，从而验证了平台的可用性。

关键词： 物联网；通用物联网数据模型；Web Services；ECA 规则；数据可视化

The research and implementation of universal data acquisition and analysis platform for Internet of things

Abstract

At present, the Internet of things has been widely used in many fields, such as smart home, intelligent traffic control, intelligent fire fighting, environment monitoring, logistic express, food traceability, industry monitoring, hotel management and health care. In the wake of the Internet of things age, more and more people hope to get the Internet of things data information conveniently and efficiently through network, and to observe and deal with data momentarily, so as to make corresponding decision.

For there are various kinds of sensors in content networking applications, the problems of collecting processing and analysis large amount of information with uncertainty data type and different formats are should be solved. In this paper, an universal Internet of things data collection and analysis platform is designed and realized. And an universal Internet of things data model is also proposed, which can make all kinds of data collected by Internet of things sensing devices can be presented with this model, thus data can be inserted uniformly.

The platform provides uniform Web Services interface, which make the Internet of things sensing devices acquisition end can communicate with platform server-side through several server, such as REST, XMLRPC, JSON, SOAP and AMF. Consequently, Internet of things sensing devices acquisition end can be loosely coupled with platform server-side, which make it flexible to construct the platform, also make it convenient and fast for application and development.

The platform has integration of ECA rules module, it can automatically analyze the real time data of Internet of things sensing devices uploaded to platform server-side, according to the ECA rules presupposed by platform manager or users. As a result of this, the platform can find the problems of detection objects

of Internet of things sensing devices timely and respond to them, thereby controlling the state of detection objects of Internet of things sensing devices and informing platform users of the occurrence of the event, in order for users to make corresponding decision.

In addition, the data visualization module of the platform provides users with graphic operation interface, users can set relevant parameters for visualization, submit the request to the platform, then the data visualization module can make statistical analysis for data, make visual processing of result data and present basic format (such as table, grid, HTML list, etc) or chart format (such as line chart, bar chart, pie chart, etc) of history data to users, in order for users to observe the dynamic changes of data and forecast the changes of data in our environment, as well as set the trigger events, trigger conditions and trigger actions for ECA rules module according to this.

This paper chooses Drupal as basic development platform, which is an open source Web content management framework, realizes the basic functions of the universal Internet of things data collection and analysis platform, and applies the platform to health care and energy management field separately, then sequentially test and verify the availability of the platform.

Key words: Internet of things; an universal Internet of things data model; Web Services; ECA rules; data visualization

目 录

1	绪论.....	1
1.1	物联网基本概念介绍	1
1.2	国内外物联网发展现状	1
1.3	从 Internet of Things 到 Web of Things.....	3
1.4	论文选题意义及主要研究内容	4
1.5	论文的组织结构	6
2	物联网及 Web 相关技术	7
2.1	物联网相关技术	7
2.1.1	物联网的体系结构.....	7
2.1.2	物联网设备互联互通相关标准.....	8
2.2	Web 相关技术.....	14
2.2.1	REST	14
2.2.2	XMPP	15
2.2.3	JSON	17
2.2.4	Web Services	19
2.3	本章小结	21
3	平台的研究与实现.....	23
3.1	平台架构	23
3.2	模型构建	24
3.3	数据的接入和访问	26
3.3.1	基于 XMPP 的数据传输	26
3.3.2	基于 Web Services 的数据传输.....	28
3.3.3	基于 RSS 的数据访问	31
3.4	平台功能模块.....	34
3.4.1	用户管理模块.....	34
3.4.2	鉴权管理模块.....	34
3.4.3	Services（服务）模块	36
3.4.4	ECA 规则模块.....	36
3.4.5	数据可视化模块.....	38
3.5	本章小结	39
4	平台应用实例.....	41
4.1	平台开发框架及环境搭建	41
4.2	平台在健康护理领域的应用	43
4.3	平台在能源管理领域的应用	46
4.4	本章小结	48

5	总结与展望.....	49
5.1	论文总结	49
5.2	研究工作展望	50
	参考文献.....	51
	致谢.....	55
	个人简历.....	57
	发表的学术论文.....	57

1 绪论

1.1 物联网基本概念介绍

物联网是一个全新的概念，它的出现打破了之前将物理基础设施和 IT 基础设施分开的传统思维，是继计算机、互联网的应用与普及之后蓬勃兴起的信息技术领域的第三次发展浪潮，它未来的发展具有巨大的前景和空间。

1999 年，美国麻省理工学院 Auto-ID 研究中心的 Ashton 教授最早提出了物联网的概念：将射频识别（RFID）技术和互联网结合起来，为每个产品建立全球唯一的标识，即产品电子代码（EPC, Electric Product Code），采用射频识别技术实现对所有产品的非接触式自动识别，然后通过互联网实现产品信息在全球范围内的识别和管理。

2005 年，国际电信联盟（ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，赋予物联网以新的内涵，报告指出，通过射频识别技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术等关键技术，利用互联网将世界上所有的物体都连接到一起，使世界万物都可以上网。

到目前为止，其实物联网的定义还没有一个统一的标准，但一般来说，物联网是指通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按照约定的协议，把物品与互联网相连接，进行信息交换和通信，从而实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[1]。它有两层内涵：第一，互联网仍然是物联网的基础和核心；第二，将进行信息交换和通讯的对象延扩展到任何物品和物品之间^[2]。

物联网产业的蓬勃发展势必会推动经济的发展和社会的进步，因此，物联网已经成为当今世界经济和科技发展的战略制高点之一，美欧日等发达国家对物联网相当重视，对此已经作了很多的研究工作，从而推动了物联网技术的飞速发展。

1.2 国内外物联网发展现状

美国

2009 年，奥巴马就任总统后与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”，“智

慧地球”的概念由 IBM 首席执行官彭明盛率先提出，此概念的提出得到了美国各界的高度关注，奥巴马政府将其上升为国家战略的高度，并且在世界范围内也引起了很大的轰动。除此之外，为了积极推动物联网在智能电网、卫生医疗和教育信息技术等领域的发展和应用，奥巴马还签署了近 8 亿美元的《美国恢复和再投资法案》。2010 年至 2011 年，为了推动云计算技术的发展和應用，担任美国 CIO 的 Vivek Kundra 签署了关于政府机构采用云计算的政府文件，并随后颁布了《联邦云计算策略》白皮书^[3]。此外，为了向政府各个部门提供云服务，美国计划在未来三年内建设几个大型的云计算中心，还计划每年抽出近 20 亿美元的科研经费投入到云计算的研发和应用中去。

欧盟

欧盟对物联网技术的开发和应用做了很多创新性的工作，为了主导物联网的发展方向，近年来，欧盟委员会已经将物联网建设提上议程，努力采取各种措施以鼓励和促进其内部物联网产业的发展。欧盟委员会于 2009 年 6 月提出了《欧盟物联网行动计划》，指出从互联的计算机网络发展到互联的对象网络是网络发展的下一步目标，任何物品都将可能拥有自己的 IP 地址，它们能够通过嵌入式系统和传感器获取周围的环境信息，甚至能够利用执行器进行交互^[4]。2010 年 5 月，又提出了将物联网作为重要平台的《欧洲数字计划》。以上两项计划的提出表明了欧盟委员会旨在成为世界物联网发展引领者的意图^[5]。

日本

作为一个非常重视发展科技和注重以人为本的国家，日本很早就启用了物联网应用。为了大规模地推动国家信息基础设施建设，从而推动经济社会的发展，日本政府先后提出了 E-Japan、U-Japan、I-Japan 三项国家信息化发展战略，其中，E-Japan 战略是日本为了大力发展信息化业务而于 1999 年制定的，而后两项战略则与物联网相关。U-Japan 战略于 2004 年被提出，其目标是实现无论何时何地，任何事物和人都能够受益于信息通讯技术（ICT），这使得日本成为了最早使用“无所不在”一词来描述信息化战略并构建泛在信息社会的国家。为了实现以国民为主角的数字安心、活力社会，日本于 2009 年 7 月发表了“**I-Japan 战略 2015**”，提出重点发展物联网业务^[1]。为了借助云服务推动整个社会系统实现海量信息和知识的集成与共享，日本于 2010 年 5 月发布了“智能

云研究会报告书”，制定了“智能云战略”。

中国

我国物联网产业的发展几乎与世界同步，不仅在核心技术及运用、产业基础和产业链构成等方面具备一定的综合优势，而且也是国际标准制定的主要国家。早在 1999 年，中科院就已经开始研究传感网，截止到目前为止已经拥有较为完整的产业结构链。在 2005 年的《国家中长期科学技术发展规划（2006-2020 年）》以及“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中，物联网被列入重点研究领域。温家宝总理于 2009 年在无锡视察时提出了“感知中国”的概念，并在 2010 年的政府工作报告中加入了将物联网作为新兴战略性产业的决策。随后国务院在正式发布的《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中明确提出了要“促进物联网、云计算的研发和示范应用”。作为全球范围内的互联网大国，我国将积极推进经济结构的调整和经济发展方式的转变，从而促进物联网行业的迅速发展。

1.3 从 Internet of Things 到 Web of Things

传统的信息网络是以语义为核心的，而物联网(Internet of Things, 简称 IOT)则在此基础上，将具有无线短程通信能力的物联网感知设备嵌入到各种类型的器具中，使得这些器具贡献的各种数据能够被系统自动获取，从而扩展了物理世界信息的范围。IOT 通过将物理世界网络化、信息化，使得长期以来一直分离的物理世界和信息空间成功互联并整合到一起，从而使人们生活的整个社会越来越智能化。

近几年 IOT 技术飞速发展，在产业化方面也取得了众多的显著成果。但是，由于 IOT 感知设备采用不同的硬件平台、操作系统、数据库和中间件，其依赖的网络环境也不同，使得设备之间无法自由通信，其应用平台难以分享和重用，造成了 IOT 应用开发难度大、系统耦合度高、扩展性差、第三方资源难以集成等劣势。这些劣势成了 IOT 发展的瓶颈，使得 IOT 实现大规模的应用和推广困难重重。因此，亟需构建一种更加开放和灵活的系统架构，从而更加容易地共享传感器的信息数据和控制功能。

随着 Internet 的飞速发展和广泛使用，所有的终端用户都可以通过 Web 共

享各种信息和应用。由于 Web 技术实现了向各个终端用户提供各种服务的基础平台，它成为了 IOT 实现异构资源共享的最佳技术选择。基于此，将 IOT 与 Web 技术结合起来形成了物品万维网（Web of Things，简称 WOT）的开放体系架构。WOT 利用 Web 的设计理念和技术，通过将各类物联网感知设备贡献的信息数据和服务整合到 Web 信息空间，从而实现不同平台下数据和服务的接入、访问与聚合。

ITU-T SG13 提出了 WOT 的基本概念，如图 1-1 所示。

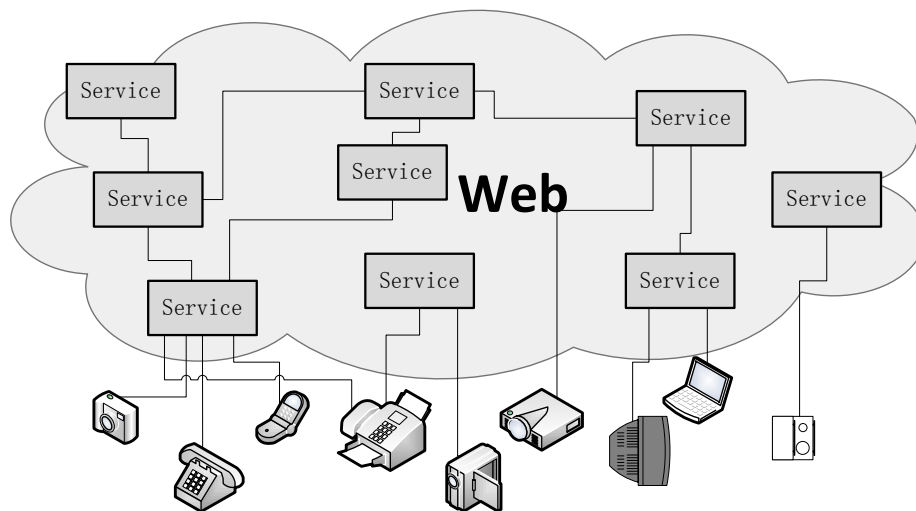


图 1-1 Web of Things 概念

WOT 设备将 Web 数据和服务封装成接口并暴露给外界，应用层可以通过查找、浏览和调用服务接口而获得服务，业务聚合平台则可以通过组合数据和服务进而生成各种各样的新型业务^[6]。从本质上说，WOT 是 IOT 的一种实现模式，它利用 Web 技术将各类 IOT 感知设备信息数据和控制命令抽象成资源，并集成到 Web 中。与现有的 IOT 系统不同，WOT 充分利用了 HTTP、REST、URI 等常用的 Web 标准，将互联网扩展到 IOT 感知设备，从而将 IOT 的潜能发挥到最大程度。

1.4 论文选题意义及主要研究内容

目前，物联网已广泛应用于智能家居、智控交通、智能消防、环境监测、物流快递、食品溯源、工业监测、酒店管理、健康护理等多个领域。文献^[7]研发了一系列应用于日常生活的物联原型系统，探索了在厨房、洗衣、娱乐、体

育等领域的新型人机交互方式。文献^[8]设计了一种物联网体系架构，并分别以环境传感器节点、能源监控系统和 RFID 标签对象为原型，基于 RESTful 原则进行了实践，采集数据和分析平台之间通过 RESTful 接口交互；文献^[9]开发了一种基于网络的基础架构—Sensor.Network，用来存储、共享、搜索、可视化和分析来自各类设备的数据，并通过一个开放的基于 REST 的 API 来促进设备和终端用户之间的简单交互，但并不是所有的设备都可以提供 RESTful 接口，因此，这类架构具有较大的局限性。文献^[10]提出了一种基于服务的物联网数据交换平台，传感器和嵌入式系统组成的主机将采集的实时设备数据动态传输到应用服务器，该服务器与各应用系统间以服务的形式进行数据交换。由于物联网中的数据多样，应用系统中的数据格式随时会发生变化或需要增加新的数据，此时还需要以新的 Web Services 发布出来，因此，该方法的缺点是给系统扩展造成了困难。

随着物联网时代的到来，越来越多的人希望可以通过网络方便快捷地获取物联网数据信息，随时对数据进行观察处理，以便做出相应的决策。基于此需求，并受 WOT 理念的启发，本文旨在研究一种通用的物联网数据采集与分析平台，将各类物联网感知设备贡献的信息数据和服务整合到 Web 信息空间，从而实现不同平台下数据和服务的接入、访问与聚合等。

本文首先构建了一种通用物联网数据模型，使得各种类型的物联网感知设备采集到的数据都可以用该通用物联网数据模型来表示，从而实现了数据的统一接入。通用物联网数据采集与分析平台还提供了统一的 Web Services 接口，使得物联网感知设备采集端和平台服务端之间可以通过 REST、XMLRPC、JSON、SOAP、AMF 等多种服务器进行交互，从而实现了物联网感知设备数据采集端与平台服务端之间的松耦合，使平台的构建更加灵活，应用开发也更加便捷。另外，该平台还集成了 ECA 规则模块，根据平台管理者或用户预设的 ECA 规则，此功能模块可以对上传到平台服务端的物联网感知设备实时数据进行自动分析，及时发现物联网感知设备检测对象存在的问题，并对此作出相应的响应，从而对物联网感知设备检测对象的状态进行控制或通知平台用户事件的发生，以使用户对此作出相应的决策。

总而言之，对于通用物联网数据采集与分析平台的研究意义重大，其实现必然会在一定程度上实现发展物联网的真正意图，在很大程度上改变人们的生活方式，并促进经济发展方式的转变和经济的飞速发展。

1.5 论文的组织结构

本文内容共分为五个章节，各个章节主要内容介绍如下：

第一章：绪论。首先对物联网的基本概念进行了介绍，随后分析了国内外物联网发展的现状，之后对 Internet of Things 和 Web of Things 进行了介绍，分析了基于 IOT 和 Web 技术如何产生了 WOT，接着对本文的选题意义和主要研究内容进行了简单说明，最后简单介绍了本文的组织结构。

第二章：物联网及 Web 相关技术。首先对目前国内外主要的物联网体系架构进行了简单介绍，然后对 Jini、UPnP 两种数字家庭网络的中间件技术和 DLNA、IGRS、ItopHome 三种数字家庭主要标准进行了介绍，并逐一分析这些技术和标准的局限性，最后介绍了 REST、XMPP、JSON、Web Services 等 Web 相关技术，为本文设计通用物联网数据采集与分析平台奠定了理论基础和研究依据。

第三章：平台的研究与实现。本章首先对平台的总体架构进行了描述，然后对通用物联网数据模型的构建进行了详细说明，之后分析了数据的接入和访问方式，随后分析了用户管理模块、鉴权管理模块、Services 模块、ECA 规则模块和数据可视化模块等平台功能模块。

第四章：平台的实现与应用实例。首先确定并介绍了开源 Web 内容管理框架 Drupal 这个基础开发平台，并对该基础平台的开发框架及环境搭建作了简要说明，在此基础上对通用物联网数据采集与分析平台的技术堆栈进行了相关介绍，然后将平台在健康管理领域和能源管理领域的应用进行了详细介绍，从而验证了平台的可用性。

第五章：总结与展望。首先对论文工作进行了总结，接着客观分析了论文研究工作所取得的研究成果和仍需改进的不足之处，并对未来的研究工作进行展望。

2 物联网及 Web 相关技术

2.1 物联网相关技术

2.1.1 物联网的体系结构

物联网作为一种新兴的信息网络技术，是当前研究的热点，其应用必然将对 IT 产业的发展起到巨大的推动作用。但是，目前对于物联网及相关技术的研究才刚刚开始，还没有形成一个统一的标准或者规范，其体系结构也没有得到各国的普遍认可。

物联网自主体系结构、EPC 物联网体系结构和 UID 物联网体系结构是目前国外比较具有代表性的三种物联网体系结构。

为了适应物联网的异构无线通信环境，Guy Pujolle 设计了一种采用自主通信技术的物联网体系结构—物联网自主体系结构^[11]，它主要由数据面、控制面、知识面和管理面四类平面组成，其中数据面主要负责数据的分组和传递，控制面负责将配置报文发送到数据面并控制该面的吞吐量和可靠性，知识面提供控制决策需要的知识适应性控制控制面，管理面管理协调另外三个面的交互。

为了便于标识和识别单个物品，美国麻省理工学院自动识别实验室提出了电子产品代码（Electronic Product Code，EPC）的概念：一个对象对应着一个唯一的 EPC，各个对象通过采用无线射频识别技术的信息系统联系起来，组成了 EPC 网络，从而可以进行数据传输和存储。之后成立了 EPC Global 这个非营利性质的组织，把 EPC 纳入到全球统一标识系统中，并提出了一种由 EPC 编码、EPC 标签及 RFID 读写器、中间件系统、ONS 服务器和 EPC IS 服务器等部分组成^[12]的 EPC 物联网体系结构。

为了实现“物品”自动识别以及“计算无处不在”的理想环境，日本提出了一种开放性的技术体系架构—UID 物联网体系结构，该结构由泛在识别码（uCode）、泛在通信器、信息系统服务器和 uCode 解析服务器等部分构成。UID 将现实世界的物品和场所用 uCode 标识，UC（类似于 PDA 终端）可以从 uCode 电子标签中读取 uCode 进而获取设备状态并对设备进行控制^[13]。

尽管到目前为止物联网尚没有统一的标准定义，但其技术体系结构已经基本得以统一，按照国际电信联盟给出的建议，可将其分为感知层、网络层、应

用层三个层次。感知层主要用于采集物理世界中发生的物理事件和数据，网络层主要负责快速、可靠、安全地传送感知层信息，应用层主要负责完成物品信息的汇总、协同、共享、互通、分析、决策等工作^[14]。

至今为止，国内外对物联网的体系架构仍众说纷纭，我国也对物联网体系结构进行了积极的研究，并结合实际情况制订了多个物联网体系架构，出现了三层、四层、五层等架构层次之说。

文献^[15]将物联网技术引入公共安全应急领域，提出了一种物联网公共安全平台层次模型，并根据物联网的特征，将该平台划分成感知层、网络层、基础支撑层和应用服务层四个层次。

物联网技术与云计算技术作为信息技术的两大前沿技术，始终是相互依存和共同发展的，云计算的集中数据处理和管理能力能够有效地解决海量物联网数据的存储和处理问题，因此文献^[16]提出了一种面向服务的可扩展云计算物联网体系架构，并将其分为感知层、传输层、云处理/云服务层和应用层四个层次，为当前各种物联网应用提供了一个可参考的理论模型。

物联网不仅要有一个开放型的架构，支持各种基于互联网的应用，还应包括可扩展、安全、语义表示等中间件，基于此，文献^[17]提出了一个包含感知控制层、网络互联层、资源管理层、信息处理层和应用层的五层开放型体系结构，旨在推动现实世界数据与互联网的融合。

2.1.2 物联网设备互联互通相关标准

近年来，随着各个地区纷纷加速物联网科研及产业化进程，物联网的发展已经进入了物物互联阶段，而统一的物联网设备互联互通标准将会对物联网产业的发展起到巨大的促进作用。目前，国内外正在积极制定物联网设备互联互通标准，多种标准蓬勃发展，下面对几种主要的标准进行详细介绍。

Jini 技术

Jini 是由 Sun 公司发布的，它基于 Java 技术构建了一个“即插即用”的简易模型，通过随时改变软硬件的配置来提供一个可快速配置的分布式计算环境。因此，Jini 可以实现构建动态分布式系统。Jini 设想只需把一个新设备插接到网络就可以实现新设备在网络群体中的添加，即只要支持 Jini 的设备插入到 TCP/IP 网络中，就能自动发现并使用附近支持 Jini 的其它设备。

Jini 体系结构的核心要素由服务、客户和查找服务三部分组成，该结构使得网络上的服务可以彼此查找和使用，如图 2-1 所示^[18]。

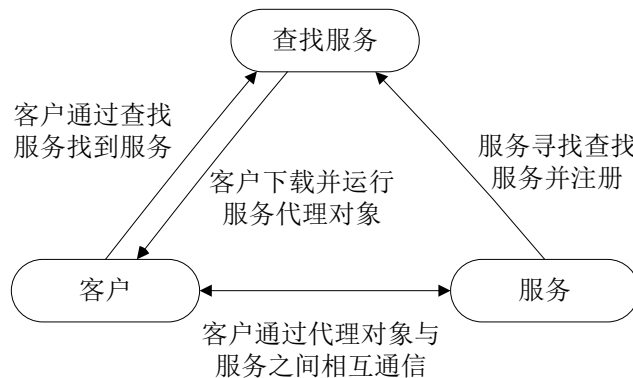


图 2-1 Jini 的体系结构

Jini 将所有的软件和硬件都抽象为了服务，以便屏蔽它们之间的差异。为了共享和访问服务，Jini 系统成员之间进行了联盟，该联盟不仅仅是客户机和服务器的集合，也是一些服务的集合，其目的是共同完成某个特定任务。Jini 提供了一种在分布式系统中用于实现对服务的构造、查找、通信和调用的机制，以及一套用于服务间通信的服务协议。所有需要使用服务的硬件设备或软件平台都是 Jini 客户，支持尽可能多的异构客户是 Jini 的目标。作为 Jini 体系结构中很重要的一个组成部分，查找服务负责追踪加入到 Jini 联盟中的所有服务。其中包含了一张“服务项目”列表，每个服务项目都由代理对象和服务描述等属性构成，联盟中的客户可以通过下载代理对象来达到轻松使用服务的目的。

Jini 利用租用机制来确保服务在某段时间内的授权访问，从而使得它可以自行管理整个网络。服务协议规定，服务的使用者和提供者必须对使用服务的时间段进行租约协商，如果在租约到期之前没有续约，租用结束，资源被释放。当然，为了解决网络局部失败问题并即时释放空闲资源，承租者也可以选择续租或取消租约，这样就能减轻系统管理员的维护工作。

UPnP 技术

UPnP 是通用即插即用 (Universal Plug and Play) 的缩写，是 Internet 及 LAN 中使用的以 TCP/IP 协议为基础的技术，它实现了设备的智能互联互通。该协议的使用无需任何设备驱动程序，所以基于 UPnP 的网络几乎可以运行在所有的操作系统平台之上，也可以使用多种开发语言，从而使得设备互联互通的网络

环境可以方便地被构建^[19]。

UPnP 是一种能够自动发现、配置和控制设备的网络协议。利用 UPnP 技术，设备可以动态加入到网络中，并自动获得一个 IP 地址、传达自己的权能并获悉其它设备的存在和权能，从而使得“零”配置的网络得以实现^[20]。

设备、服务和控制点三个部分就可以构成一个完整的 UPnP 系统，其中，UPnP 设备是一个能够提供任意多个 UPnP 服务的服务器；控制点通常运行在具有用户界面的设备上，它能够查找设备和服务描述、查询设备服务状态、向设备发送指令以及从设备接收事件^[21]。UPnP 的工作过程包括设备的寻址、发现、描述、控制、事件通知和展示六个部分。UPnP 使用的协议包括简单服务发现协议(Simple Service Discovery Protocol, 简称 SSDP)、简单对象访问协议(Simple Object Access Protocol, 简称 SOAP)、通用事件通知体系(Generic Event Notification Architecture, 简称 GENA)等。

UPnP 适用于家庭网络、公共场所和小型企业的网络，主要应用于数字化家庭领域，迄今为止，UPnP 架构的推广还不是十分普及。另外，UPnP 的安全性不是很高，使用 UPnP 的设备存在着传输加密、服务隐藏以及重发攻击等安全性问题，目前针对这些安全问题的解决方案还比较少。

DLNA 技术

DLNA 是 Digital Living Network Alliance 的英文缩写，中文翻译为“数字生活网络联盟”，成立于 2003 年 6 月，其成员包括以英特尔、索尼、微软、惠普、诺基亚、松下、飞利浦和三星等 8 家企业为骨干的 17 家企业。这些企业共同制定了名为《家庭联网设备互用性指南》的 DLNA 1.0 标准，使得消费电子产品和电脑之间可以相互连接、共享应用。为了使个人电脑、移动终端和消费电子产品可以通过有线或无线网络进行互联互通，从而达到共享数字媒体的目的，DLNA 一直在努力建立连接不同厂商设备的工业标准。DLNA 采用了目前使用广泛的技术和协议，以获得各类设备厂商的认可和支持^[22]。

DLNA 的技术组件主要包括网络互连，网络协议，媒体传输，设备的发现、控制和媒体的管理，媒体格式五个部分。

1) 网络互连

规定了所接入网络的类型及协议。目前主要包括有线网络及 802.3.i/u 协议

和无线网络及 802.11/a/b/g/n 协议。

2) 网络协议

规定了所使用的网络协议。其中 IPv4 协议为其必须支持的协议，该协议是家庭网络和数字家庭连接的基础。考虑到 IPv4 在地址空间等方面的缺点，在不久的将来将会支持 IPv6 协议。目前，针对家庭设备和住宅网关，相关组织正在积极推行 IPv4 到 IPv6 的过渡技术^[23]。

3) 媒体传输

规定了所有 DLNA 设备的媒体传输都必须支持 HTTP 协议。

4) 设备的发现、控制和媒体的管理

最重要的一个技术组件。设备的发现和管理基于一系列的步骤和协议来实现，而媒体的管理则基于厂商定义的 AV 和 Printer 标准来实现。

5) 媒体格式

规定了共享和使用数字媒体及内容时的媒体格式。其中 JPEG、LPCM、MPEG2 为必须支持的格式。

作为目前最具有发展前景的一种数字家庭技术，DLNA 技术已成为当前国内外的研究热点，它主要用于设备的互联互通，同 UPnP 技术类似，其应用可以用任何编程语言实现，并且可以在任何操作系统平台下运行^[24]。

闪联（IGRS）协议

2003 年，在信息产业部的支持下，联想、TCL、康佳、海信、长城等五家国内电子信息骨干企业联合发起成立了闪联标准工作组，简称闪联，并制定了信息设备智能互联与资源共享协议（Intelligent Grouping and Resource Sharing，简称 IGRS）。IGRS 标准主要用于小型企业、公共场所、个人用户以及家庭所涉及的各种数字家庭信息设备的互连，其目标是通过制定共同的协议标准，增强数字家庭设备之间的互操作性，并实现数字家庭设备之间的资源共享和服务协同，为消费者用户提供全新的应用体验和享受^[25]。

IGRS 标准包括闪联基础协议、闪联智能应用框架和闪联基础应用三个部分，其核心理念是智能互联、资源共享和协同服务。IGRS 标准 v1.0 于 2005 年被正式颁布为国家行业推荐性标准，它包括两个基础部分：基础协议标准和智能应用框架标准。基于 IGRS 标准，应用程序开发者就能开发出各种支持资源

共享和协同服务的闪联应用。

IGRS 层次结构如图 2-2 所示，包括基础应用及扩展应用、设备协同服务平台、设备发现与资源共享平台、设备交互消息框架、传输与网络协议和设备连接等。



图 2-2 IGRS 层次结构

基础应用及扩展应用位于最上层，该应用是由用户开发的，协议栈服务和客户描述规范可以对该应用进行包装，然后发布到 IGRS 设备上，从而成为 IGRS 服务和客户；IGRS 应用框架抽象地定义了交互规则 and 标准服务，从而可基于相应的框架实现不同的 IGRS 应用，在此基础上，设备协同服务平台得以实现；IGRS 基础协议规定了设备相互发现、设备间管道创建、服务发现、设备组管理、会话管理和访问等服务发现和资源共享机制，在此基础上实现了设备发现与资源共享平台^[26]；设备交互消息框架基于 HTTP/1.1 协议；传输与网络协议基于 TCP/IP 协议；IGRS 设备可以通过有线或无线局域网及蓝牙等网络进行连接。

ITopHome(e 家佳)标准协议

2001 年，海尔、长虹、上广电、清华同方等国内 23 家家电、IT 企业在在前国家计委、信息产业部和国家标准化委员会的组织和领导下，成立了“数字电视接收设备与家庭网络平台标准”工作组。2004 年 7 月，该工作组的部分骨干成员企业共同发起成立了家庭网络标准产业联盟（ITopHome，e 家佳），迄今为止，其成员包括了家电、IT、通信、仪器、建筑等多个领域的 200 多家

企业。

e 家佳将家庭网络定义为：将家庭范围内的信息设备、通信设备、娱乐设备、家用电器、自动化设备、家庭求助报警等设备连接到一起而组成的一种局域网，其主要功能是集中地控制各种家用电器并将它们接入互联网，以便共享网络信息资源和享受网络服务。由于家庭网络系统扩展到了整幢住宅和整个社区，因此它成为了智能住宅小区和智能社会的基础。

目前，e 家佳标准体系主要由以下几个标准构成：

1.家庭网络系统体系结构及参考模型：是 e 家佳标准体系的基础，它描述了家庭网络的网络规范、体系结构和参考模型等三个方面的内容，家庭网络体系结构及参考模型如图 2-3 所示。

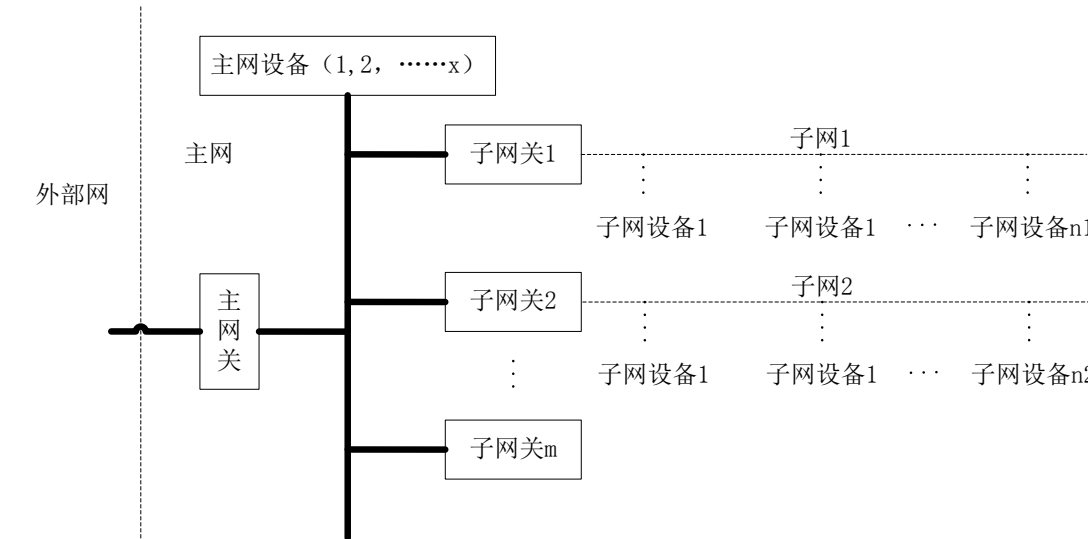


图 2-3 家庭网络体系结构及参考模型

2.家庭主网通信协议规范：针对家庭主网设备的通信协议规范，这些设备主要包括家庭主网关、信息设备、娱乐设备和家庭控制子网关等。

3.家庭控制子网通信协议规范：该协议规定了家庭控制子网设备之间运行状态和控制数据的传递和管理技术规范，这些子网设备包括家庭控制子网关、移动控制终端、照明设备、家庭求助报警和家用电器等。

4.家庭网络设备描述文件规范：规定了家庭控制子网设备的设备描述文件格式，并对信息一致性、功能和性能、用户界面等提出了一些技术要求。

5.家庭主网接口一致性测试规范和家庭控制子网通讯协议一致性测试规范：这两个规范规定了家庭主网和子网之间的接口与通信协议等的一致性测试方法，

并且规范了主网和子网设备的相互连接测试、生成和监测。

上述对 Jini、UPnP 两种数字家庭网络的中间件技术和 DLNA、IGRS、ItopHome 三种数字家庭主要标准进行了介绍,这些技术和标准在使用基础、应用范围和安全性等方面具有一定的局限性。Jini 是基于 Java 语言开发的,每个使用 Jini 技术的设备都需要装备一个 Java 虚拟机;UPnP 只适用于以 PC 为中心的家庭网络或小型网络,UPnP 的安全性非常差,因为它没有可靠的安全机制来保证;DLNA 是构建在 UPnP 上的一个实现家庭音像娱乐的标准;IGRS 标准主要用于小型企业、公共场所、个人用户以及家庭所涉及的各种数字家庭信息设备的互连、资源共享和协同服务;ItopHome 与 IGRS 类似,但 ItopHome 主要针对家庭环境。结合以上问题,考虑到 Web Services 可以用多种开发语言来实现,可以让不同的系统跨越平台,彼此相互兼容,且它具有良好的安全机制来保证系统的安全性,本文设计的通用物联网数据采集与分析平台将 Web Services 作为软件接口,实现不同的信息设备和平台之间的无缝通信和数据共享,不同的信息设备之间的通信也可以通过将平台作为中介来实现。

2.2 Web 相关技术

Web 又称为“万维网”,是 WWW (World Wide Web) 的简称。Web 是一种可以提供面向各种 Internet 服务和统一用户界面的信息服务系统,它基于 HTML 语言和 HTTP 协议,建立在客户机-服务器模型之上。在 Internet 中 Web 已经占据了主导地位,伴随着 Internet 的迅猛发展,Web 及其相关技术一直是国内外的研究热点,下面对本论文涉及到的 Web 相关技术进行了简单介绍。

2.2.1 REST

REST 简介

REST 是 Representational State Transfer 的缩写,中文翻译为“表述性状态传输”,是加州大学的 Roy Fielding 于 2000 年在其博士论文中提出的术语。REST 不是一种具体的标准或架构,更不是一个协议,而是一种基于资源的服务访问架构风格或模式,它描述了 Web 体系结构的设计原则,并以某种方式对服务器进行了抽象^[27]。

一个 REST 风格的 Web 架构把所有的操作对象都抽象为资源,并为每个资

源分配一个统一资源标识符 URI。URI 既是资源名称，又是其访问地址。用户可以通过 URI 获得资源的表示（Web 页面），其中又包含了其它表示的 URI，通过这些 URI 又可以获得其它资源的表示，以此类推，使得程序能继续进行下去。这种利用 URI 进行的资源表示的变化就是状态转移^[28]。

REST 设计具有为所有资源定义 ID、将所有资源链接在一起、使用标准方法、资源多重表述、无状态通信五项关键原则。要想设计一个具有优质 Web 服务架构的系统，就必须坚持使用这五项原则。

REST 技术基于 HTTP、URI 和 XML 这三项技术，利用 HTTP 的统一接口来实现对资源的操作，而无需与 HTTP 进行绑定。资源是 REST Web 服务的核心，其状态和表述分别反映了服务器端和客户端的状态。REST Web 服务使用 URI 唯一地标识资源，利用 XML 对资源进行表述和链接，使用统一 HTTP 接口实现资源操作，因此它具有可见性、可靠性和可伸缩性^[29]。

2.2.2 XMPP

XMPP 是 Extensible Messaging and Presence Protocol 的英文缩写，中文可翻译为“可扩展消息与存在协议”，是一种基于 XML (Extensible Markup Language, 可扩展标记语言) 的协议，而 XML 具有很好的灵活性，因此，XMPP 也具有很强的可扩展性，它能够以发送扩展信息和建立上层应用程序这两种方式来处理用户的需求。XMPP 为不同网络之间的互联互通提供了一种安全且简单的编程语言，该协议的语言易于理解和进行二次开发，其应用利于实现整个即时通信服务协议的统一，也能够促进服务器之间准确的即时操作。

一个 XMPP 实体指的是任何能够利用 XMPP 进行通信的网络端点，它可以被唯一编址，XMPP 实体的地址即 Jabber 标识符 (JID)。JID 能够唯一确定进行即时消息和在线状态信息通信的独立对象或实体，同时它还可以兼容其它即时通信系统的实体标识和在线状态信息。一个有效的 JID 包括域名标识符、节点标识符和资源标识符三个部分。域名与实体连接的 XMPP 服务器相对应，每个可用的 XMPP 服务器都有一个可以在域名系统 (Domain Name System, DNS) 中查找的完整域名。节点用来表示某个用户、一类应用或者某项服务，每个节点对应着一个确定的域名。资源用来识别用户的特殊对象，并允许一个用户同时以多个资源和同一个 XMPP 服务器连接。

由于 XMPP 具有语法清晰、易于实现等特点，它不仅仅被应用于构建即时通信平台，还被作为一种数据传输规范而应用于互联网的其它方面。

XMPP 的网络架构

XMPP 协议采用的是客户端/服务器（C/S）的体系结构，服务器负责接收来自客户端的请求并对请求进行处理，之后发送响应消息给客户端。客户端负责向服务器发送请求，并监听来自服务器的响应消息。客户端相互之间并不直接通信，而是通过服务器转发所有的消息数据。XMPP 系统的网络架构可以分为客户端、服务器、网关和网络四个部分，如图 2-4 所示：

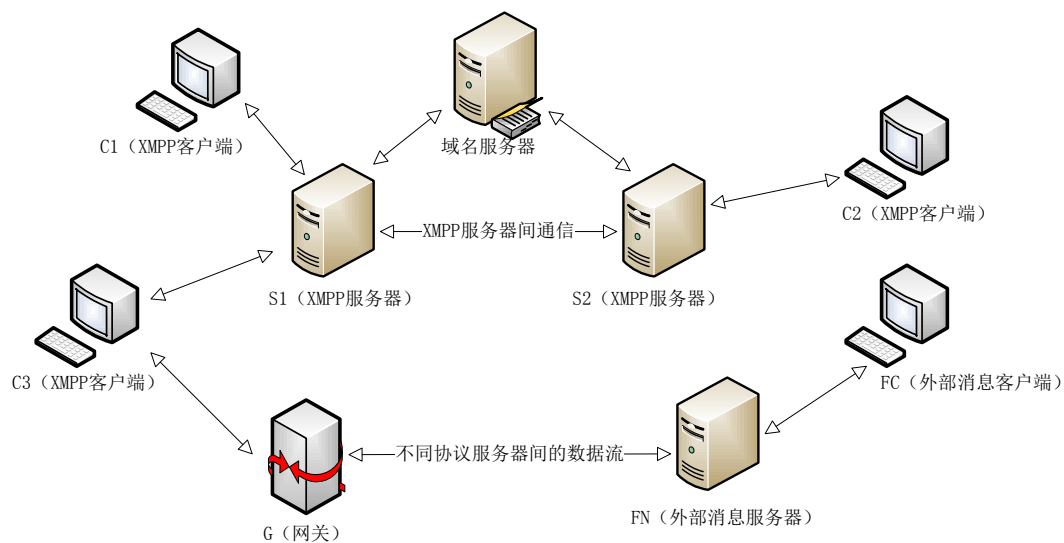


图 2-1 XMPP 系统的网络架构

客户端：客户直接操作的对象。多数客户端可以通过 TCP 直接连到服务器，并通过 XMPP 请求获取服务器提供的相关服务。每个已经被授权的客户都可以同时连接多种资源到服务器。客户端和服务端之间的连接端口通常建议使用 5222。

服务器：XMPP 通信的管理者。它主要负责在被授权的客户端、服务器或其它实体之间传送 XML 流格式的消息；在通信双方之间通过 XML 流路由可寻址的 XML 节；当通信双方跨越了该服务器所管辖的域时与其它服务器进行 XMPP 通信。

网关：具有特殊用途的服务器端的服务。它主要负责 XMPP 消息格式和非 XMPP 消息格式（外部消息系统的消息格式）之间的转换。

网络：每个服务器都是由一个网络地址来标识的，并且服务器之间的通信

是客户端与服务器之间通信协议的直接扩展。实际上，整个系统可以看作是由互相通信的服务器网络构成的。例如，`<juliet@example.com>` 能与 `<romeo@example.net>` 交换消息、出席信息和其它信息，它们之间的通信模式与 SMTP 所提供的电子邮件网络框架相类似。每个服务器与它管理的用户形成了一个 XMPP 服务域，多个不同服务域组成的分布式网络就构成了整个 XMPP 网络。

XMPP 流协议

XMPP 流协议是 XMPP 的核心部分，它实现了在网络上分片断发送 XML，用于网络上任意两个实体间的 XML 元素（XML 流、节等）交换。

XML 流以 `<stream>` 标记为开始，以 `</stream>` 标记为结束。使用流的实体可以在流的整个生命周期中发送任意数量的 XML 元素，这些元素与 XML 节都可用于协商流。协商的协议主要有传输层安全协议（TLS）和简单认证与安全层协议（SASL）两种，其中 TLS 用于保护流不被篡改和偷听，而 SASL 用于认证流。

XML 节可以通过 XML 流在两个实体之间进行传输，它以根 `</stream>` 的直接子层存在。XML 节的开始和结束分别由深度为 1 的 XML 流的开始标记元素和关闭标记元素来表示，它还可能包含带有属性、元素和 XML 字符数据的必要子元素。“to”、“from”、“id” 等是 XMPP 中常用的流元素，其中，“to” 用于从初始实体到接收实体的 XML 流头中，而“from”和“id”则正好相反。“to”描述的是消息接收者的地址，“from”描述的是消息发送者的地址，“id”描述的是一个输出消息的响应^[30]。

2.2.3 JSON

JSON 简介

JSON(JavaScript Object Notation)是一种轻量级的数据交换格式，既易于人阅读和编写，也易于机器解析和生成。它采用的文本格式虽然使用了类似于 C 语言家族的习惯，但完全独立于语言，这使得它能够在不同的语言之间进行数据交换。由于以上特性，JSON 已经成为一种理想的数据交换语言^[31]。

JSON 语法格式

JSON 简单地说就是 JavaScript 中的对象和数组，因此对象和数组就是 JSON

构建的两种基本结构，通过这两种结构可以表示各种复杂的结构。这两种结构的具体形式如下所示^[32]：

(1)对象：是一个无序的“‘名称/值’对”集合。一个对象以“{”开始，“}”结束，每个“名称”后跟一个“:”，“名称”使用““””括起来“‘名称/值’”之间使用“,”将其分隔。图 2-5 是 JSON 创建对象的格式。

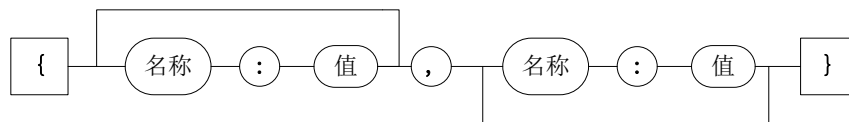


图 2-5 对象格式

下面是一个简单的表示人的对象示例：

```
var user={"username":"Monika","age":"25","sex":"female"}
```

这个对象包含了三个元素 username、age、sex，它们的值分别是 Monika、25、female。

(2)数组：是值的有序集合。一个数组以“[”开始，“]”结束，值之间使用“,”将其分隔。图 2-6 是 JSON 创建数组的格式。

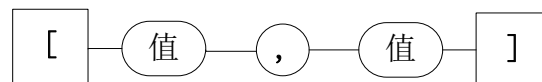


图 2-6 数组格式

下面是一个学生数组的简单示例：

```
var students=['Monika','Jack','Candy']
```

这个例子表明，在数组 students 中包含 3 个元素'Monika'，'Jack'，'Candy'。

在以上关于对象和数组这两个例子的基础上，举一个稍微复杂一点的例子，一个学生数组中包含三个 JSON 对象，其表示如下：

```
Var students=[
  {"username":"Monika","age":"25","sex":"female"},
  {"username":"Jack","age":"26","sex":"male"},
  {"username":"Candy","age":"25","sex":"female"}]
```

2.2.4 Web Services

Web Services 是一种可以在网络中被描述、发布、查找和调用的模块化应用程序。简言之，Web Services 作为一个服务端应用程序，为外界提供一个可被 Web 调用的 API，用户通过编程的方法就可以调用它，即实现客户端应用程序和服务端端的通信。Web Services 是一种部署在 Web 上的组件，它具备完好的封装性、松散耦合、使用协议的规范性、使用标准协议规范以及高度可集成能力等特征^[33]，使得不同的系统可以跨越平台，彼此之间相互兼容，具有无缝通信和数据共享的能力。

Web Services 体系结构是面对对象分析和设计（OOAD）的一种必然发展结果，它基于 SOAP 协议，因此它可以把应用实体抽象为服务，包括 Web 服务提供者、Web 服务请求者、Web 服务中介者三个角色和发布、发现、绑定三种基本操作，如图 2-7 所示^[34]。

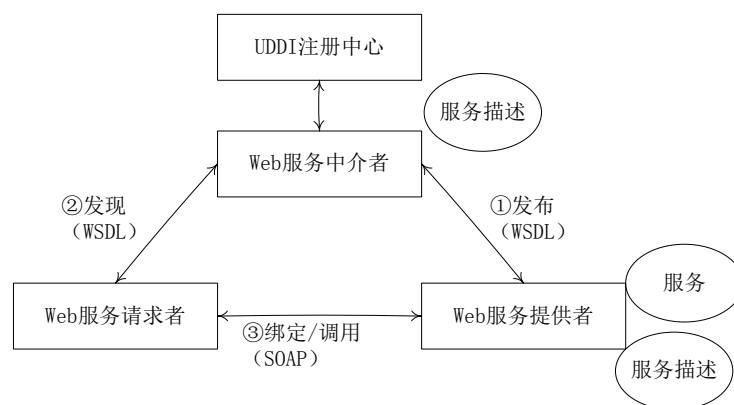


图 2-7 Web Services 体系结构

简而言之，服务提供者负责为其它服务或用户提供自己拥有的功能；服务请求者通过发送 SOAP 消息请求给服务提供者从而获取服务；服务中介者作为服务管理者，负责把服务请求者和提供者联系到一起。在实际应用中，一个 Web 服务可能会有多重角色，可能是服务提供者，也可能是服务请求者，或者两者兼而有之^[35]。

Web 服务的实现依赖于发布、发现和绑定三种基本操作，其步骤如下：

发布：服务提供者实现服务并利用 WSDL 生成服务描述，通过中介者发布并在 UDDI 注册中心注册；

发现：服务请求者向中介者请求服务，中介者从 UDDI 注册中心查找相应

的服务，用 WSDL 生成描述信息并返回给请求者；

绑定：服务请求者获得服务描述信息后生成相应的 SOAP 消息，发送给提供者，从而实现服务调用；提供者根据 SOAP 消息执行服务并将结果返回给请求者。

Web 协议栈对于 Web Services 而言非常重要，它能够实现 Web Services 执行三种基本操作时的互操作性和可重用性。Web Services 协议栈的概念模型如图 2-8 所示^[34]：

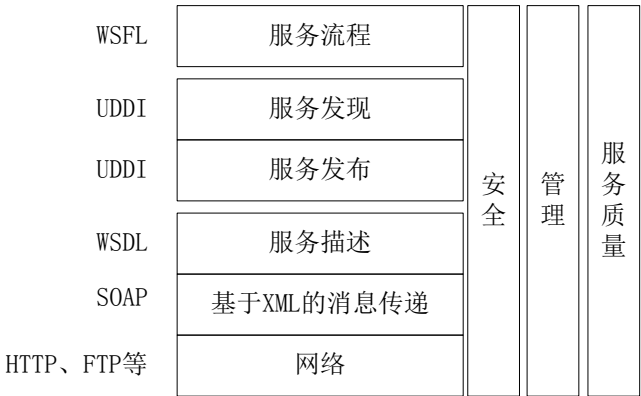


图 2-8 Web Services 概念协议栈

Web Services 协议栈根据各个部分实现的功能不同分为六层：网络层是基础协议层，服务请求者只有通过网络访问才能请求采用 HTTP 协议（标准网络协议）的 Web 服务。消息传递层在网络层之上，消息传递的基础是 XML。服务描述用 WSDL 写成，是 XML 标准格式的 Web Services 请求。为方便服务请求者绑定、调用服务，WSDL 提供了一个专门的操作模板。服务流程、服务发现和服务发布基于服务描述、SOAP 协议和网络协议，而安全、管理和服务质量是它们都必须满足的要求。

从 Web Services 协议栈图可以看出，底层的技术已经趋于成熟化，而高层的技术仍需进一步的开发和标准化。Web Services 使用的都是相对简单的协议，且 Web Services 可以按照需求选用层次的功能，例如仅仅使用 WSDL、SOAP 和 HTTP 就能构架出符合规范的最简单的 Web Services 应用。Web Services 完全基于现有的技术，而不是创造了一个新的体系，这使得它被广泛使用。另外，所有高层技术都建立在底层技术之上，所以很容易在它们之上开发新的技术层次，延伸这些技术^[36]。由此可见，Web Services 技术不仅简单，还具有良好的

可扩展性。

2.3 本章小结

本章首先对物联网自主体系结构、EPC 物联网体系结构和 UID 物联网体系结构三种国外比较具有代表性的物联网体系架构进行了介绍，然后分别介绍了国内的三层、四层、五层等物联网体系架构之说。

之后对 Jini、UPnP 两种数字家庭网络的中间件技术和 DLNA、IGRS、ItopHome 三种数字家庭主要标准进行了介绍，并逐一分析这些技术和标准在使用基础、应用范围和安全性等方面的局限性，同时考虑到 Web Services 可以用多种开发语言来实现，可以让不同的系统跨越平台，彼此相互兼容，且具有良好的安全机制来保证系统的安全性等优势，为本文将 Web Services 作为通用物联网数据采集与分析平台的软件接口提供了理论依据。

最后对 REST、XMPP、JSON、Web Services 等 Web 相关技术进行了详细介绍，为本文设计通用物联网数据采集与分析平台奠定了很好的理论基础和研究依据。

3 平台的研究与实现

本文设计的通用的物联网数据采集与分析平台，基于通用物联网数据模型来表示各种类型的物联网感知设备采集到的数据，通过 Web 相关技术将各类物联网感知设备贡献的信息数据和服务整合到 Web 信息空间，从而实现不同平台下数据和服务的接入、访问与聚合等。此外，该服务平台还集成了 ECA 规则模块，根据平台管理者或用户预设的 ECA 规则，对上传到平台服务端的物联网感知设备实时数据进行自动分析，及时发现物联网感知设备检测对象存在的问题，并对此作出相应的响应，从而实现了物联网感知设备检测对象状态的控制以及通知平台用户事件的发生。

3.1 平台架构

平台的物联网应用体系架构主要包括物联网数据采集端、通用物联网数据分析平台和各类物联网应用三部分，如图 3-1 所示：

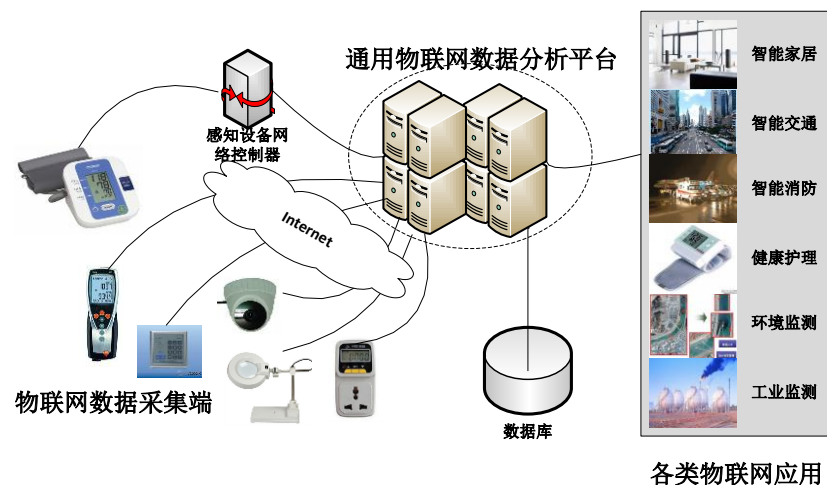


图 3-1 平台物联网体系架构

多个不同类型物联网感知设备组成了平台的数据采集端，负责采集各种类型的物联网感知数据，并将这些数据上传到通用物联网数据分析平台。物联网数据采集端可以直接或通过感知设备网络控制器将感知数据上传到通用物联网数据分析平台。

感知数据上传到服务器后，通用物联网数据分析平台将数据以通用物联网数据模型的形式自动存储到数据库中，并对这些数据进行处理和分析，以便为

用户提供更多的服务。此外，平台可以通过预设 ECA (Event-Condition-Action) 规则，使得当触发规则的事件发生并满足特定的条件时，平台会自动执行相应的触发动作，从而实现特定事件的监测和预警。

平台为各类物联网应用提供了不同的 API，主要分为两大类：

Web Services 接口：各种类型的物联网感知设备采集到的异构数据都可以通过唯一的 Web Services 接口统一上传到通用物联网数据采集与分析平台，使得几乎所有的物联网感知设备都可以与该平台互联互通，而无需考虑其测得的感知数据的结构差异。另外，客户端可以通过 Web Services 接口获得各种类型的 Web 服务，例如获取历史数据并根据需要对数据做相应的处理，如可视化处理等。

Web 界面：平台可提供一个可定制的数据可视化 Web 界面，以表格或图表等多种形式将历史数据呈现给用户；平台还提供了 ECA 规则的 Web 管理界面，用户可根据需要增加、删除或修改 ECA 规则。

3.2 模型构建

通用物联网数据模型是平台中很重要的一个功能模块，它直接影响到 ECA 规则、数据可视化、Web Services 接口等功能模块以及数据的存储。通用物联网数据模型功能模块负责将上传到服务平台的物联网感知设备数据以通用物联网数据模型格式存储到数据库中，通用物联网数据模型采用类的形式，其 UML 类图如图 3-2 所示：

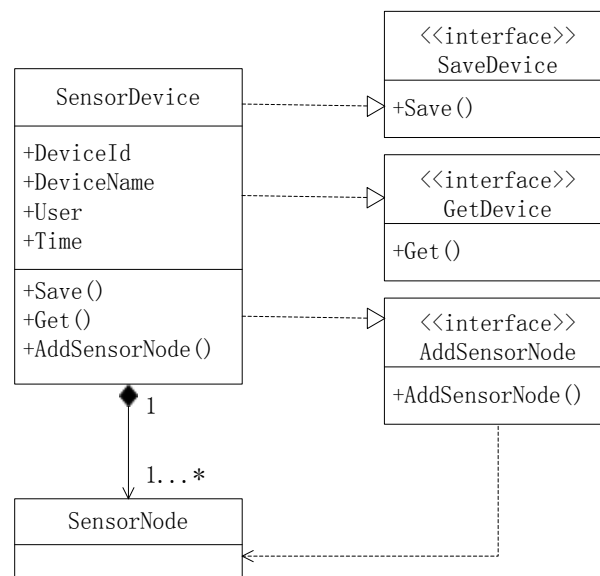


图 3-2 通用物联网数据模型 UML 类图

其中基本数据模型相当于父类（SensorDevice），在这个类中，AddSensorNode 是最为重要的一个方法。通过这个方法，可以实现添加不同的属性（SensorNode），平台提供可操作的 Web 界面，用户可以根据需要添加属性并选择属性值的类型，从而形成新的子类。子类的实例化对象的形式如下所示：

```
stdClass Object
(
    [device_id] => deviceid
    [device_name] => devicename
    [user] => user
    [time] => timestamp
    [sensor_node] => value
)
```

在平台实际应用中，一个子类对应一种设备，一个子类属性对应一种类型的传感器节点，由于一种设备中可能包含多个类型的传感器节点，因此，根据实际应用，一个子类可以包含多个属性。

基于这种通用物联网数据模型，ECA 规则、数据可视化、Web Services 接口功能模块以及数据存储的设计不再需要考虑多种物联网感知设备数据类型和数据格式的不同，而只需要针对这种通用物联网数据模型实现其功能设计即可。

目前传感器种类繁多，因此数据库设计必须具有良好的灵活性和可扩展性。本文引入了节点（node）的概念，一个节点即一个子类对象。所有子类对象都可以以一个 node 的形式存储在数据库表中。通用物联网数据模型在数据库中的存储形式主要由三个基本的数据库表和多个扩展的数据库表构成，父类的基本属性 device_id、device_name、user、time 都存储在三个基本的数据库表中，分别对应着 node_type 表中的 tid、type_name、node 表中的 author、time 字段，而子类中增加的属性 sensor_node 的存储相对来说会比较复杂一些。下面进行详细说明。

数据库表 `node_type` 中存储的 `tid` 对应着数据库表 `node` 中的 `tid` 字段，它表示设备类型的 `id`，而 `fid` 字段则对应着数据库表 `field_config` 中的 `fid` 字段，它表示某一类型传感器节点对应属性的 `id`，数据库表 `field_config` 中的 `field_name` 字段则表示某一类型传感器节点对应属性的名称，`field_data_type` 字段则表示该属性值的数据类型（包括整型、浮点型、文本、图片等），`field_table_name` 字段则对应着负责存储该属性值的数据库表的名称，通常为“`field_data_field_`”+`field_name` 字段对应的值，某一类型的传感器节点对应的属性值就存储在该数据库表中，这三个基本的数据库表之间的关系如图 3-3 所示：

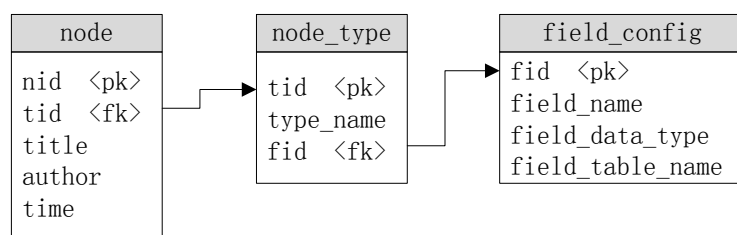


图 3-3 基本数据库表关系图

需要特别说明的是，扩展的数据库表的表结构存储在 `field_config` 表中，表 `field_config` 的一条记录即为一个扩展表的结构数据，其中扩展表的名称为 `field_table_name` 的字段值，该扩展表包括 `nid`、`fid` 和 `field_value` 三个字段，`nid` 为表 `node` 的外键，`fid` 为表 `field_config` 的外键，`field_value` 即为子类相对父类添加的属性值，表 `field_config` 的 `field_data_type` 字段的值代表该属性值的类型。平台开发者可以通过编程实现当向表 `field_config` 中添加一条记录时，会在数据库中自动创建一个相应的扩展表。

3.3 数据的接入和访问

3.3.1 基于 XMPP 的数据传输

本文设计的通用物联网数据采集与分析平台支持 **XMPP** 通信，因此，平台可基于 **XMPP** 进行数据的接入和访问。

以将平台应用于家庭能源管理领域为例，插座客户端（`socket@192.168.7.105`）可以将智能插座测得的家庭用电数据（例如电流、电压等）通过 **XMPP** 服务平台（`iot@192.168.7.106`）发送给手机客户端（`mobile@192.168.7.107`）。整个流程如下所示：

插座客户端:

```
<?xml version="1.0"?>  
  
<stream:stream xmlns:stream="http://etherx.jabber.org/streams"  
  
xmlns="jabber:client" to="iot@192.168.7.106">
```

服务平台:

```
<stream:stream xmlns='jabber:client'  
  
xmlns:stream='http://etherx.jabber.org/streams'  
  
from='iot@192.168.7.106' id='1461776515'>
```

插座客户端:

```
<iq type="set" id="auth_2" to="iot@192.168.7.106" >  
  
<query xmlns="jabber:iq:auth">  
  
  <username>socket</username>  
  
  <password>mypassword</password>  
  
  <resource>Work</resource>  
  
</query>  
  
</iq>
```

服务平台:

```
<iq from="iot@192.168.7.106" id='auth_2' type='result'/>
```

插座客户端:

```
<message to="mobile@192.168.7.107" >  
  
<current>1.5</current>  
  
<voltage>245</voltage>  
  
</message>  
  
<presence type="unavailable" >  
  
<status>Logged out</status>  
  
</presence>  
  
</stream:stream>
```

服务平台：

```
</stream:stream>
```

3.3.2 基于 Web Services 的数据传输

各种物联网感知设备采集的数据上传到服务器都需要通过平台提供的 Web Services 接口。平台规定了 Web Services 接口接收的数据类型及格式，不同数据虽然类型和格式不同，但都可以共用一个通用的数据接收端口。Web Services 接口正确接收客户端传来的数据后，将数据传送到数据处理功能模块进行处理，并返回相关信息；若接收过程中发生错误，平台将给出错误提示信息。

客户端也可以通过相应的 Web Services 接口获取历史数据，从而将历史数据以可视化图表的形式显示出来，以使用户查看节点状态，并预测节点以后的数据变化，进而采取相应的措施。

平台实现了基于 Web Services 的数据接入和访问，数据接入主要通过 node.create()实现，该接口函数的参数是一个对象，该对象是通用物联网数据模型的一个实例。数据访问主要通过 node.get()实现，该接口函数的参数是一个 int 型的变量 nid，它表示 node 的 id。例如，平台用户用血压计进行了血压测量，平台客户端通过调用 node.create()将测得的血压数据上传到服务平台，其参数如下：

```
stdClass Object
(
    [node_type] => blood_pressure_measurement
    [field_date] => 1340885600
    [field_systolic] => 120
    [field_diastolic] => 90
    [field_pulse] => 75
)
```

平台会自动为这个 node 分配一个 nid，并判断该 node 来源于哪个用户，同时将这 nid、user 这两个属性添加到对象参数中去。之后，node.create()将调用平台的 node_save()函数，将这个 node 保存到数据库中去，从而实现了数据的接入。平台客户端可以通过调用 node.get()获取某一条血压测量数据，其参数为这条数据的 nid，平台以对象的形式将数据返回给平台客户端，从而完成了数据的访问，返回的数据对象如下所示：

```
stdClass Object
(
    [nid] => 36
    [user] => panda
    [node_type] => blood_pressure_measurement
    [field_date] => 1340885600
    [field_systolic] => 120
    [field_diastolic] => 90
    [field_pulse] => 75
)
```

平台支持多种数据传输格式，最典型的有 XML 和 JSON 两种。以上面的对象为例，XML 格式的数据如下：

```
<item>

  <category>

    <name>nid</name>

    <value>36</value>

  </category>

  <category>

    <name>user</name>

    <value>panda</value>

  </category>

  <category>

    <name>node_type</name>

    <value>blood_pressure_measurement</value>

  </category>

  <category>

    <name>field_date</name>

    <value>1340885600</value>

  </category>

  <category>

    <name>field_systolic</name>

    <value>120</value>

  </category>

  <category>

    <name>field_diastolic</name>

    <value>90</value>

  </category>

  <category>

    <name>field_pulse</name>

    <value>75</value>

  </category>

</item>
```

JSON 格式的数据如下所示：

```
{ "nid":36,"user":"panda","node_type":"blood_pressure_measurement","field_date":1340885600,"field_systolic":120,"field_diastolic":90,"field_pulse":75 }
```

从上面两种数据格式可以看出，JSON 相对于 XML 而言更加简单和灵活，既易于阅读和编写，又易于客户端的解析和生成，从而简化了数据访问，因此，本平台的数据传输多采用 JSON 格式。

3.3.3 基于 RSS 的数据访问

RSS, 是 Really Simple Syndication 的英文缩写, 中文译为“简易信息聚合”, 是一种消息来源格式规范。RSS 信息的获取和订阅, 可以通过聚合器来实现。通过 RSS 订阅, 网络用户无需打开网站内容页面就可以阅读支持 RSS 输出的网站内容。RSS 的工作机制如图 3-4 所示^[37]：

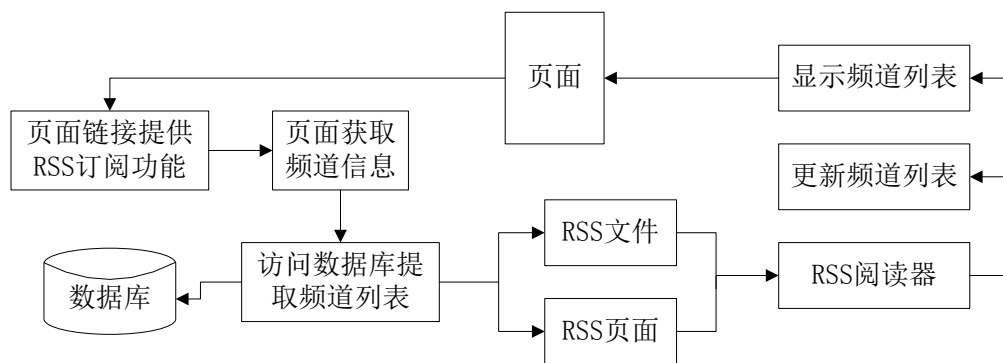


图 3-4 RSS 工作机制

RSS 订阅功能是通过内容提供者在其网站上添加 RSS 链接的方式实现的。网站内容信息通过 RSS 链接进行传递，RSS 链接 URL 有两种指向，一是指向一个空内容的页面，二是指向一个静态 xml 文件。前者由一个统一的后台处理页面根据频道信息访问数据库，从而动态地生成 RSS 频道列表，但相对来说访问效率比较低；后者由服务器端程序自动生成和更新，访问时可静态获取而无需访问数据库，访问效率较高，但由于频道列表每更新一次就要自动重新生成 xml 文件，使得更新频道列表的效率相对较低。

本文设计的通用物联网数据采集与分析平台采用的是 RSS 链接 URL 指向静态 xml 文件的方法，通过平台的 RSS 模块就可以生成可自动更新的 xml 文件，客户端只需访问指向该 xml 文件的 URL 即可完成对数据的访问，然后就可以

按照约定的规则对该 xml 文件进行解析和处理。

举个简单的例子，平台向客户端提供了订阅家庭相册的功能，当客户端访问 <http://192.168.7.65/iot/familyalbum.xml> 时，就可以获得如下的 xml 文件：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>

<rss version="2.0" xml:base=http://192.168.7.65/iot/?q=familyalbum
xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">

<channel>

  <title>家庭相册</title>

  <link>http://192.168.7.65/iot/?q=familyalbum</link>

  <description>将您最美好的回忆留在此处！</description>

  <language>en</language>

  <item>

    <title>崂山之游</title>

    <link>http://192.168.7.65/iot/?q=node/185</link>

    <description>a href=/192.168.7.65/iot/?q=node/185; img src=http://
192.168.7.65/iot/files/familyalbum/1.jpg;

    </description>

    <pubDate>Tue, 17 May 2011 07:56:01 +0000</pubDate>

    <dc:creator>panda</dc:creator>

  </item>

  <item>

    <title>崂山之游</title>

    <link>http://192.168.7.65/iot/?q=node/186</link>

    <description>a href=/192.168.7.65/iot/?q=node/186; img src=http://
192.168.7.65/iot/files/familyalbum/2.jpg;

    </description>

    <pubDate>Tue, 17 May 2011 07:59:06 +0000</pubDate>

    <dc:creator>panda</dc:creator>

  </item>

</channel>

</rss>
```

客户端获得以上 xml 文件之后，可以使用 DOM 技术对该 xml 进行解析，从而实现将数据信息以需要的形式进行显示。

3.4 平台功能模块

本文采用模块化设计，将平台功能细分为用户管理模块、鉴权管理模块、Services（服务）模块、ECA 规则模块、数据可视化模块和通用物联网数据模型等功能模块，基本结构如图 3-5 所示：

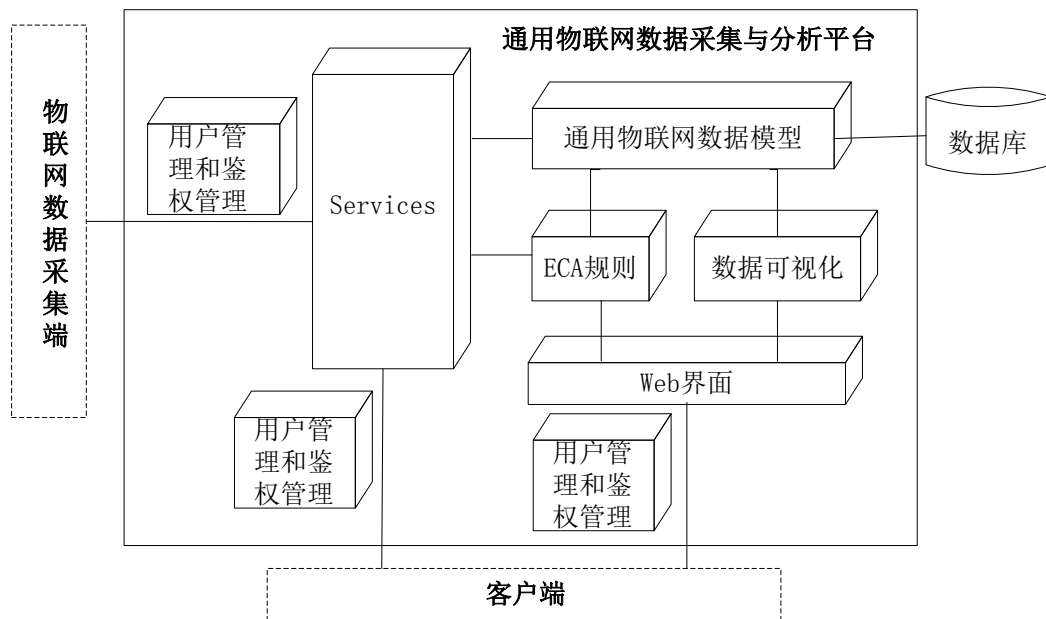


图 3-5 平台功能模块基本结构

3.4.1 用户管理模块

用户管理是实现数据安全的有效保障。平台用户管理模块基于用户注册和密码机制，从而确保合法用户能够安全方便地使用该平台，并有效地避免了非法用户的恶意攻击行为，使得平台的安全性得到了有力保障^[38]。

平台采用了基于角色权限的访问控制，实现了数据的安全共享。对于平台所有的功能模块，每个模块又细分为许多子功能模块，这些子功能模块可以分别对应相应的权限，平台管理员可以为不同角色的用户分配不同的权限，从而使得用户的访问控制更加灵活。

3.4.2 鉴权管理模块

部分应用对物联网数据的安全性和保密性有严格要求，因此平台提供基于 API key 的鉴权管理机制，用户可以注册一个或多个应用，并为每个应用定义

可以使用的账号和方法。平台会自动为注册的每个应用生成一个 API key。

当用户向平台服务器提出服务请求时，平台鉴权管理功能模块首先对用户提交的信息进行认证，认证的具体流程如图 3-6 所示：

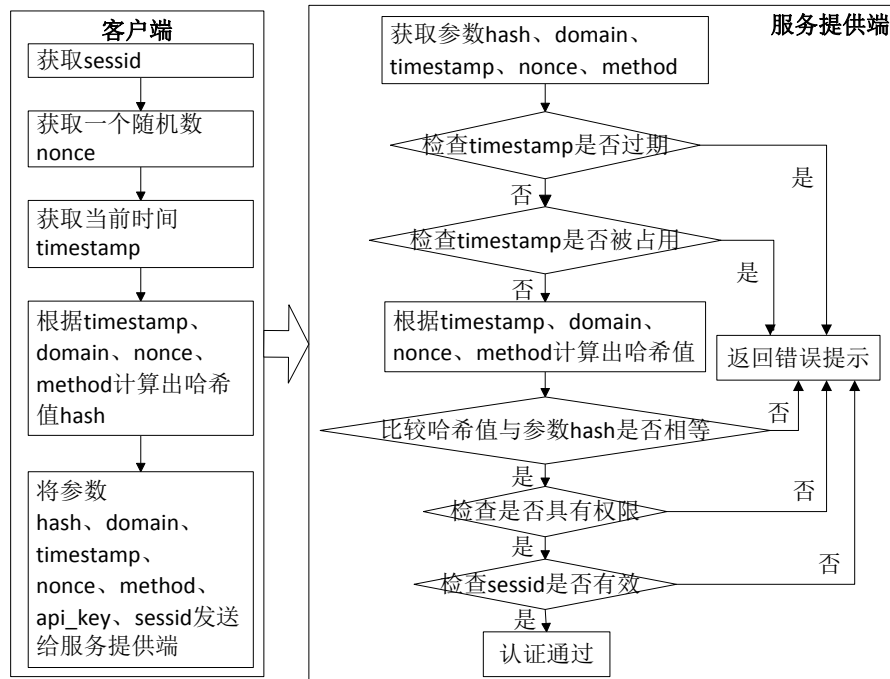


图 3-6 平台认证流程

首先，客户端向服务器发出登录请求并获得一个 sessid，随后获得一个随机数 nonce 和当前时间 timestamp，然后根据 timestamp、domain、nonce、method 等参数计算出哈希值 hash，之后再将 hash、domain、timestamp、nonce、method、api_key、sessid 等参数一起发送到服务提供端，服务提供端获取参数 hash、domain、timestamp、nonce、method 后，检查 timestamp 是否过期，如果过期，则返回相应的错误提示；反之，继续检查 timestamp 是否被占用，如果被占用，则返回相应的错误提示；反之，根据 timestamp、domain、nonce、method 计算出哈希值，并比较此哈希值和参数 hash 是否相等，若不相等，则返回相应的错误提示；反之继续检查该用户是否具有权限，若无权限，则返回相应错误提示；反之继续检查 sessid 是否有效，若无效，则返回相应的错误提示；反之，则认证通过。

由此可以看出，平台的鉴权管理模块提供了多级认证机制，从而更加有力地保证了平台的安全性。

3.4.3 Services（服务）模块

Services 是一个标准的 API，它允许用户创建服务或者一系列方法，以供远程应用程序使用。多个服务器或协议，为远程站点提供了调用这些方法的不同方式。Services 模块中还嵌入了一些小的功能模块，主要包括以下几个：

- 服务器模块：允许使用除 XMLRPC 以外的其它协议，例如 SOAP、REST 和 AMF 等
- 服务模块：允许开发者添加其它的远程服务以及服务的访问控制
- 为方法定义别名
- 认证机制
- 服务模块：可以和平台其它模块交互

Services 模块在顶层以 Web Services 方式封装了底层提供的各类服务，并提供不同的交互方式，客户端可以通过多种服务器向平台的 Web Services 接口发送请求和接收响应，例如 REST、XMLRPC、JSON、JSON-RPC、SOAP、AMF 等服务器。多服务器 Web Services 交互方式的基本原理如图 3-7 所示：

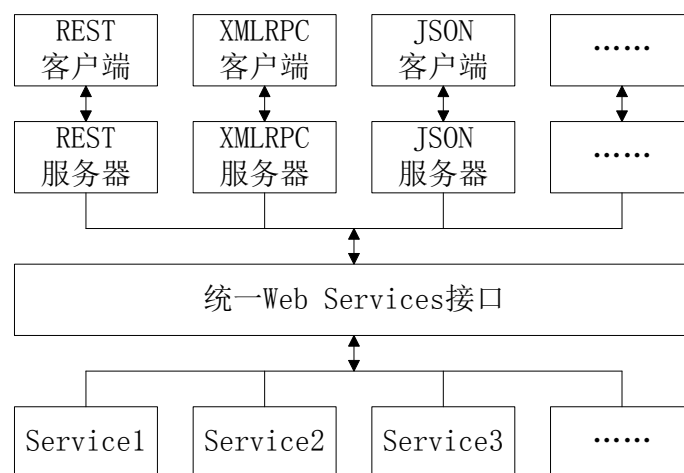


图 3-7 多服务器 Web Services 交互基本原理

Services 模块实现了平台内部数据和逻辑的分离，最底层是服务层，该层聚集了各种服务，Web Services 接口层将服务层所有服务的 API 暴露给远程客户端，各种远程客户端可以通过相应的服务器调用各种服务 API，获得的数据经不同的服务器转换成各自对应的格式，并返回给相应的客户端进行解析。

3.4.4 ECA 规则模块

事件监测是物联网一个非常重要的功能。在平台中，事件监测的整个过程

可以描述为：客户端可以通过 Web Services 接口向平台发送各个物联网感知设备的实时状态数据，平台通过 ECA 规则模块对这些实时数据进行分析，及时地发现传感器设备检测对象存在的问题，并对此作出相应的响应，对物联网感知设备检测对象的状态进行控制或通知用户事件的发生。例如，将平台应用于健康护理领域，以血压测量仪为例，将测得的高压值和低压值通过 Web Services 接口发送到平台服务端，平台预设 ECA 规则，当高压值 $>140\text{mmHg}$ 或低压值 $>90\text{mmHg}$ 时，平台会以消息提醒或其它方式通知用户可能患有高血压，并告知用户高血压的相关注意事项以及提醒用户及时到医院就诊。

ECA 规则模块的工作原理如图 3-8 所示：

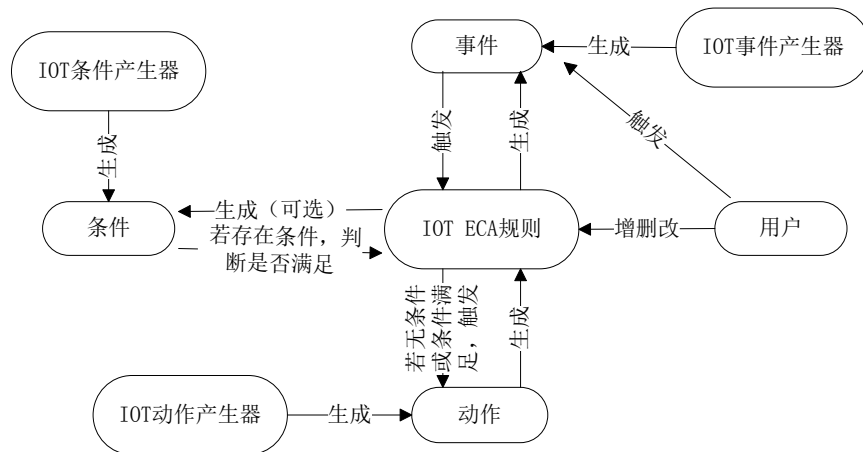


图 3-8 ECA 规则模块工作原理

显然，ECA 规则模块是实现平台事件监测功能的核心模块。为了满足动态、多变服务环境的完全松耦合需求，ECA 规则模块实现了事件与规则的分离，事件负责描述服务流程的上下文信息，规则则作为基于事件的服务触发机制。ECA 规则模块采用 ECA 规则模型，能够基于满足特定条件的事件进行主动式的服务响应。ECA 规则整个生命周期过程中，无需用户及外部应用的干预。

由于物联网感知设备种类繁多以及用户需求不同，在使用平台之前，用户需要根据物联网感知设备的种类和自己不同的需求建立多条 ECA 规则。ECA 规则模块提供了 Web 管理界面，用户可以选择自己感兴趣的事件及相应的触发条件、设置触发动作，并提交给平台 ECA 规则模块，即建立 ECA 规则。由于 ECA 规则模块的上述特点，使得该模块灵活易用，当需求改变时，用户很容易对就可以对 ECA 规则进行增加、删除和修改等操作^[39]。

3.4.5 数据可视化模块

平台为用户提供图形化的操作界面，用户可以设置可视化相关参数，将请求提交给平台，数据可视化模块对数据进行统计分析，并对结果数据进行可视化处理，以基本格式（表格、网格、HTML 列表等）或图表格式（折线图、柱状图、饼图等）等多种形式将历史数据呈现给用户，以使用户观察数据的动态变化，进而预测以后环境中的数据变化，并据此对 ECA 规则模块中的触发事件、触发条件和触发动作进行设置。

基本格式的数据可视化方式很容易就可以实现，而图表格式的数据可视化方式就略显复杂，本文设计的通用物联网数据采集与分析平台利用 Google Chart Tools（谷歌图表工具）来实现图表格式的数据可视化方式。

Google Chart Tools 为网站提供了一种可视化数据的完美方式。从简单的线形图表到复杂的分层树状图，图表集提供了大量的设计优秀的图表类型。使用提供的客户端和服务端工具就能轻易地填充图表数据。

一个图表依赖于以下几个模块：

1.图表库：图表以 JavaScript 类的方式暴露给使用者。Google Chart Tools 提供了大量的图表类型供使用者使用。尽管在多数情况下默认的方式是最好的解决方案，但使用者随意定制适合自己网站外观和感觉的图表类型。这些图表具有高度的可交互性，并对外提供事件接口，使用户能够通过调用接口来创建复杂的前端显示面板或其它显示方式。图表的渲染使用 HTML5/SVG 技术提供给 iPhones、iPads 以及 Android 等客户端跨浏览器的兼容性（包括专门用于旧的 IE 版本的 VML）和跨平台的可移植性，且无需使用任何插件。

2.数据表格：所有的图表都用数据填充，这些数据使用通用的 JavaScript Data Table 类。使用通用的数据结构使得它很容易在图表类型之间转换。这个类暴露了排序、修改和过滤数据的方法。可以通过编程把从数据库中获得的数据填充到 Data Table 中，或者可以从支持图表工具数据源协议的数据供应商请求数据。

3.数据源：使用者可以查询支持图表工具数据源协议的网站。该数据源协议包括一个类 SQL 查询语言，它是通过谷歌电子表格、谷歌 Fusion 表格以及第三方的数据供应商（例如 Salesforce）实现的。你甚至可以在你的网站上使

用该协议，从而成为一个数据供应商。

Google Chart Tools 主要有两类 API，一类是 Imagechart，用户只需要在 HTTP 请求中指定图表类型、大小等参数以及数据，服务端就会返回一个图片格式的图形，可用于在移动设备上显示图表；另外一类是 Interactive Visualization Chart，用户使用 JavaScript 指定图表格式和数据，然后在浏览器里使用 SVG 或者 VML 来画出图形。

为了减少在同一页面上生成多个图表的实现代码工作量，数据可视化模块将重复的代码抽象成了类和方法，例如提供了一个将收集图表数据并将它们序列化为 URL 的方法，总的来说，就是提供了一个谷歌图表 API 的简明封装，使得 Google Chart Tools 更加易用。

数据可视化模块提供了基本格式和图表格式的两种数据可视化方式供用户选择，使得用户能够更加直观得观察物联网数据的变化，方便用户做出相应的决策。

3.5 本章小结

本章首先对平台的总体架构进行了描述，主要分为物联网数据采集端、通用物联网数据分析平台和各类物联网应用三大部分。

然后基于类的思想对通用物联网数据模型的构建进行了详细说明，并针对通用物联网数据模型在数据库中的存储形式进行了研究，对三个基本表及扩展表进行了说明。

之后分别介绍了基于 XMPP 的数据传输方式和基于 Web Services 的数据传输方式以及基于 RSS 的数据访问方式，为服务平台的数据接入和访问提供了参考依据。

最后分析了服务平台功能模块的基本结构，并简要介绍了用户管理模块、鉴权管理模块、Services 模块、ECA 规则模块和数据可视化模块等平台功能模块。

4 平台应用实例

4.1 平台开发框架及环境搭建

本文选用开源 Web 内容管理框架 Drupal 作为开发平台，下面将对 Drupal 进行简单的介绍。

Drupal 是使用 PHP 语言编写的开源内容管理框架（Content Management Framework，简称 CMF），即内容管理系统（Content Management System，简称 CMS）+框架（Framework），其中框架是指 Drupal 内核中功能强大的 PHP 类库和 PHP 函数库，以及在此基础上抽象的 Drupal API。Drupal 是一个高度模块化的内容管理框架，它非常注重合作、互动的重要性，它可扩展性强、追求简洁代码、内核精练。Drupal 自带了一些基本的核心功能，其它额外的功能可以通过安装核心可选模块或第三方模块来实现，因此，基于 Drupal 的定制不是通过修改核心模块的代码来完成的，而是通过覆写核心模块或增加模块完成的。另外，Drupal 还成功地将内容管理和内容表示进行了分离，使得 Drupal 的架构更加灵活。

Drupal 的架构由内核、模块和主题三大部分构成，三者之间通过钩子（Hook）机制紧密结合起来，钩子是 Drupal 模块化系统的关键。在 Drupal 里，钩子就是 Drupal 框架与模块之间进行交互的接口，由于 Drupal 没有面向对象的机制，所以它采用编程规约的方式来巧妙实现。

由于 Drupal 基于 PHP 脚本语言，所以推荐使用 MySQL 数据库，因此，要运行 Drupal 则必须首先安装好 PHP 的支持程序，推荐使用的是 Apache+MySQL+PHP 的安装和配置环境。Linux 系统下推荐使用 LAMP 安装套件，Windows 系统则推荐使用 WAMP 安装套件。

考虑到 Linux 的服务器负载量比较大、网络性能好、安全性高等众多优点，本文设计的通用物联网数据采集与分析平台搭建在 Linux 系统之上，该系统采用的是 Ubuntu10.04 服务器版，并在此系统上搭建了的 Drupal 的运行环境，使用的是 LAMP 安装套件。

本文将 Drupal 作为基础开发平台，在此基础上实现了通用物联网数据分析平台的服务功能，平台的技术堆栈^[40]如图 4-1 所示：

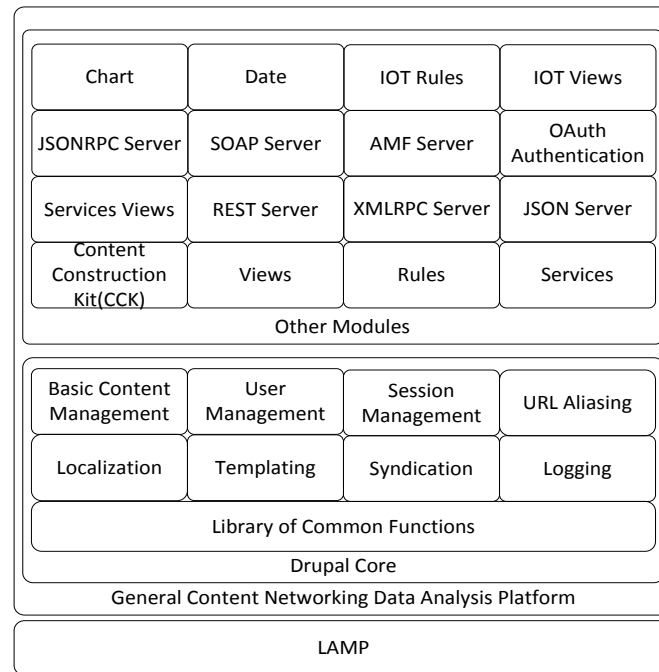


图 4-1 通用物联网数据分析平台技术堆栈

该平台搭建在 LAMP 之上，整个平台主要分为 Drupal 核心和其它模块两大部分。其中 Drupal 核心是由一个轻量级的框架构成的，包括当 Drupal 接到请求时所要调用的系统引导指令的代码、一个 Drupal 常用函数库和一些核心模块组成（包括基本内容管理、用户管理、分类和模板等），它负责提供基本的功能，用以支持系统的其它部分。Drupal 模块中包含了各种功能，且模块可根据需要被启用或禁用（一些必要的模块除外）。平台开发者可以通过启用已有模块、安装第三方模块或编写自定义模块三种方式来向 Drupal 站点添加功能或特性。基于此，本文对通用物联网数据采集与分析平台的功能进行了深入分析，启用了 CCK、Views、Rules、Services 等第三方模块，并编写了 IOT Rules、IOT Views 等自定义模块，用来实现平台的服务功能。下面对几个主要的模块进行简单介绍：

CCK：主要用于为站点创建一个新的特定用途的内容类型。具有该权限的用户可以方便地通过 Web 页面来创建并设定想要的内容类型及其呈现方式。

Views：将 SQL 语言可视化，根据用户指令，自动创建查询语句并读出需要的数据。Views 默认提供了列表、表格等几种输出方式，也有一些相关的扩展模块能够提供更多的输出方式。

Rules：规则集。可以对站点发生的事件自动做出响应。例如，当一个用户

登录或一个节点内容发布时，它能够引发定制的反应动作（例如将网页跳转到某个页面或设置某一字段值）。该模块还可以作为一个框架被其它模块使用，它提供了一些规则相关的 API 函数，允许其它模块在此基础上自定义自己的规则。

Services: 一个使外部应用程序和 Drupal 相结合的标准解决方案，它允许从远程客户端访问站点内容。服务回调可以使用多种接口（例如 REST、XMLRPC、JSON、JSON-RPC、SOAP、AMF 等），因此它允许 Drupal 站点使用相同的回调代码提供多种接口的 Web 服务。

IOT Rules: 物联网规则集。基于 Rules 模块，通过编程实现了多个自定义的物联网规则，从而构成了物联网规则集。

IOT Views: 物联网视图。基于 Views 模块，构建自定义的数据输出方式。

4.2 平台在健康护理领域的应用

目前我国旧的医疗体系效率较低、医疗服务质量较差，普通百姓“看病难、看病贵”的现象普遍存在，医疗体制以及医疗保障制度亟需改革以适应社会发展的需要^[41]。由于医疗信息难以共享，造成了大的医院人满为患，而社区医院却无人问津，辗转于不同的医疗机构进行重复检查，还需要一些繁琐的手续，更是耗时费钱。因此，医疗资源的配置、医疗服务的水平及服务的便利性已经成为影响社会和谐发展的重要因素之一，改革迫在眉睫。

传统的就医方式是患者及其家属需要花大量的时间排队挂号，却经常因为最后挂不上号而白跑一趟，针对此现象，一种远程医疗平台应运而生，患者或家属可以在去医院就诊之前提前在网上预约挂号，提交预约信息并等待确认，这种方式虽然比传统方式要方便，但仍需要一定的等待时间。

当前我国人口的老龄化发展趋势导致疾病及其预防控制模式发生了改变，由以前的传染病及其防治模式转变成了现在的慢性非传染性疾病及其预防模式，同时，医学模式也由“3P”模式（预测性、预防性、个性化）转变为“4P”模式，增加了参与性，更加注重公民和整个社会的参与。

针对以上问题，本文希望将通用物联网数据采集与分析平台应用于医疗健康护理领域，旨在构建一个可以实现健康信息采集并且无需人工干预就能进行疾病风险评估和健康指导的互联网健康服务平台。在该服务平台上构建一个比

较权威且比较全面的疾病库，并建立相应的疾病诊断规则库，当家庭医疗设备测得的数据上传到后台服务器时，根据疾病诊断规则库规则，给出初步诊断结果及合理化建议。

首先，通过网络爬虫获得了一批比较权威且比较完整的疾病资源数据，然后通过通用物联网数据采集与分析平台提供的 Web Services 接口将这些疾病资源数据批量导入到后台服务器，从而完成了疾病资源的获取和疾病库的构建工作。之后，在医学专业人员的指导下，基于平台的 ECA 规则功能模块构建了一个健康测评和健康指导规则库，这样，家庭医疗设备测得的健康数据通过 Web Services 接口上传的服务平台之后，通过 ECA 规则功能模块预设的健康测评规则和健康指导规则，平台会对自动诊断用户的健康状况，并给出合理化的建议。下面予以简单说明。

以血压测量为例，首先新建一个名称为 Blood Pressure Measurement 的 content type 作为通用物联网数据模型的一个实例，如图 4-2 所示：

LABEL	MACHINE NAME	FIELD
+ Title	title	Node module element
+ Date	field_date	Date (Unix timestamp)
+ Systolic	field_systolic	Decimal
+ Diastolic	field_diastolic	Decimal
+ Pulse	field_pulse	Decimal
+ Warning	body	Long text and summary

图 4-2 Blood Pressure Measurement 编辑界面图

本文选用 ETComm HC-502B 上臂式血压计（蓝牙）来测量血压，手机的蓝牙适配器 BluetoothAdapter 发出蓝牙请求，与上臂式血压计进行连接，双方建立连接后，手机端获得输入输出流，通过蓝牙串口协议进行通信，当用户测量血压完毕后，手机端获得上臂式血压计发来的数据流，通过相关并解析出蓝牙数据，从而获得血压值，然后通过 Web Services 接口将血压值上传到服务平台，以 blood_pressure_measurement 类型的 node 形式保存到数据库。

设置 ECA 规则，事件为保存一个新的 content，条件为 content type 为 blood_pressure_measurement 且高压值>140mmHg 或低压值>90mmHg，动作为

添加报警信息，如图 4-3 所示：

Events

Event

After saving new content

Add event

Conditions

Elements

+

Content is of type

Parameter: Content: [node], Content types: Blood_pressure_measurement

+

OR

+

Data comparison

Parameter: Data to compare: [node:field-systolic], Operator: is greater than, Data value: 140

+

Data comparison

Parameter: Data to compare: [node:field-diastolic], Operator: is greater than, Data value: 90

Add condition

Add or

Add and

Actions

Elements

+

Add warning message.

Parameter: The nid of the node: [node:nid], Message: Please take your attention,...

Add action

Add loop

图 4-3 ECA 规则设置界面

当血压计测得的高压值>140mmHg 或低压值>90mmHg 时，平台会提示用户可能患有高血压。

此外，平台还实现了查询某段时间范围内（2012-07-13 10:00 至 2012-07-20 19:00 内）的历史数据，以表格可视化形式显示结果，如图 4-4 所示：

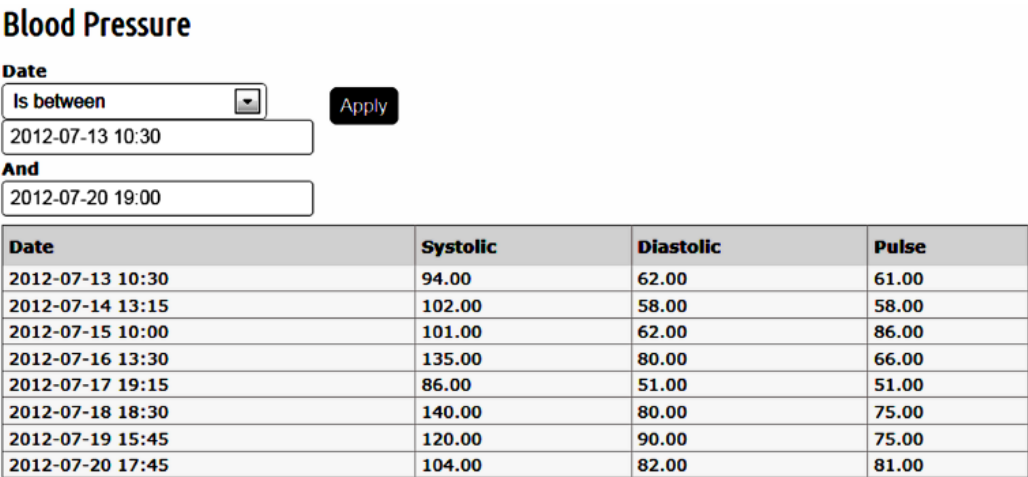


图 4-4 以时间为依据查询历史数据

平台可实现多种可视化显示形式，某用户在一个季度内的血压测量值的折线图如图 4-5 所示：

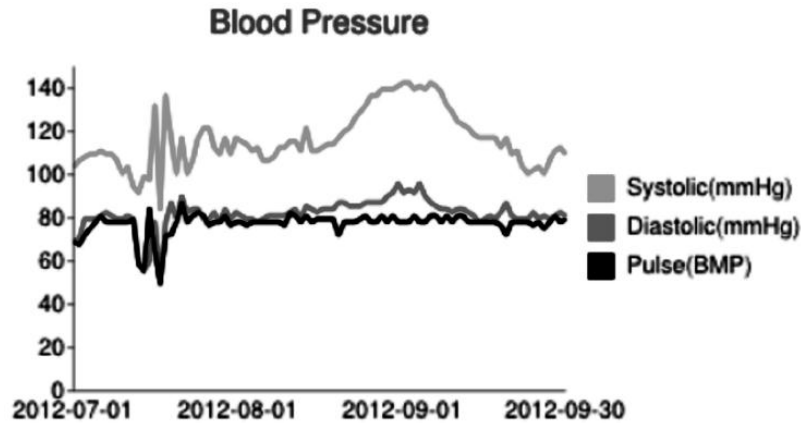


图 4-5 血压测量值—折线图

4.3 平台在能源管理领域的应用

近年来,世界各地的能源问题愈来愈严重,因此,世界各国都在积极地从能源获取、能源使用的角度采取各种手段和措施,尽可能地平衡本国的能源需求。面临着金融危机和环境危机的双重压力,世界各国都在积极研究和发展能源管理技术^[42]。城镇居民是我国能源消费的重要主体,随着居民生活水平的不断提高,城镇居民对生活能源消费的需求将越来越大。城镇居民的能源消费行为是否低碳,将直接影响到我国居民能源消费的需求、增长速度和用能结构等,同时也间接影响到他们对工业品的消费价值观。因此,如果城镇居民能够形成较强的低碳化能源消费意识,必然将对设计、生产和流通等领域的低碳发展产生积极的影响,从而从需求的角度保障我国节能减排目标的顺利实现^[43]。

当今社会,信息技术有了很大的进步,智能家居技术也有了较快的发展,家庭能源管理系统的研究成为热点,它能够对家庭用电情况进行实时监测,为调整家庭能源消耗结构提供了参考依据。为实现家庭节能,家庭智能用电在不久的将来也必将会融入到人们的日常生活当中去。

将通用物联网数据采集与分析平台应用于能源管理领域,实现智能插座测得的相关能源数据可以通过 Web Services 接口上传到服务平台,服务平台对数据进行可视化处理,使得用户可以直观地了解家庭用电情况,从而方便用户更加智能、高效地用电。一旦用户养成良好的用电习惯,将自觉节电融入到日常生活之中,人类将会从粗放型的用电时代进入到和谐用电的新时代。

本文选用具有可检测用电器(负载)的电量、电流、电压、有功功率等电

参数信息以及用电器使用产生的 CO₂ 排放量和产品内部温度功能的智能插座，基于 LC-DT01 数传模块进行设备改造，使之直接连入 In-Home Device（选用 Android Cortex-A8 S5PV210 开发板，搭载 7 寸电容屏、USB 蓝牙模块、WiFi 通讯模块，基于 Android 2.2 系统）的 RS232 口。智能插座检测到的数据通过 In-Home Device 上传到通用物联网数据分析平台，以 smart_socket 类型的 node 形式保存到数据库。

在智能插座连入平台之前，平台管理者新建了一个名称为 Smart Socket 的 content type 作为智能插座的数据模型，此模型也是基于通用物联网数据模型实现的，如图 4-6 所示：

LABEL	MACHINE NAME	FIELD
✚ Title	title	Node module element
✚ Date	field_date	Date (Unix timestamp)
✚ Current	field_current	Float
✚ Voltage	field_voltage	Float
✚ Power	field_power	Float
✚ Temperature	field_temperature	Float
✚ Active Energy	field_active_energy	Float
✚ Carbon Emissions	field_carbon_emissions	Float
✚ Warning	body	Long text and summary

图 4-6 Smart Socket 编辑界面图

平台分别对笔记本电脑（Notebook）和节能灯（Energy saving lamp）进行了监测，并以折线图的形式显示其功率数据，如图 4-7 所示：

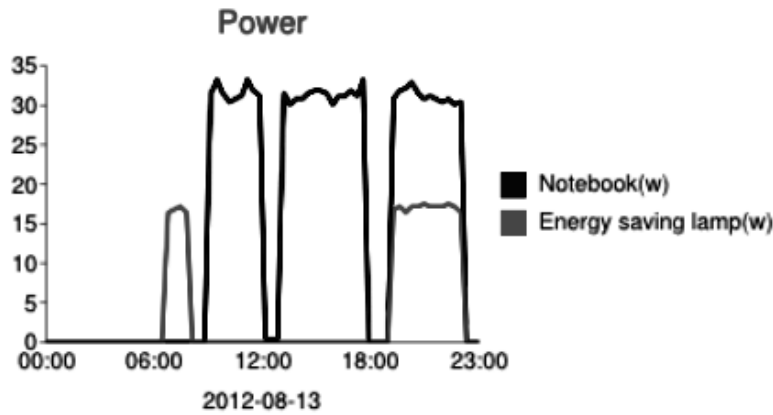


图 4-7 笔记本电脑和节能灯功率数据

4.4 本章小结

本章将 Drupal 作为该平台开发的基础框架,并对 Drupal 的基本概念、架构和其环境的搭建做了相关介绍,在此基础上,大致介绍了通用物联网数据分析平台的技术堆栈,并对几个主要的模块进行了简单介绍。

然后将通用物联网数据分析平台应用于健康管理领域,构建了一个可以实现健康信息采集并且无需人工干预就能进行疾病风险评估和健康指导的互联网健康服务平台。平台采集端将采集到的健康信息数据通过 Web Services 接口上传到服务平台,以通用物联网数据模型的形式进行存储,服务平台通过 ECA 规则功能模块预设的健康测评规则和健康指导规则,自动诊断用户的健康状况,并给出合理化的建议。此外,服务平台还实现了某段时间范围内的历史数据查询功能,并实现了多种形式的可视化效果。

接着将通用物联网数据分析平台应用于能源管理领域,实现了智能插座测得的相关能源数据通过 Web Services 接口上传到服务平台,服务平台对数据进行可视化处理,使得用户可以直观地了解家庭用电情况。

通过以上两个通用物联网数据分析平台的应用实例,验证了平台的可用性。

5 总结与展望

5.1 论文总结

物联网在很多领域都有着广泛的应用前景，随着物联网时代的到来，越来越多的人希望可以通过网络方便快捷地获取物联网数据信息，随时对数据进行观察处理，以便做出相应的决策。本文设计的通用的物联网数据采集与分析平台，构建了一种通用物联网数据模型，使得各种类型的物联网感知设备采集到的数据都可以用该通用物联网数据模型来表示，从而实现了数据的统一接入。另外，该平台还集成了 ECA 规则模块，根据平台管理者或用户预设的 ECA 规则，此功能模块可以对上传到平台服务端的物联网感知设备实时数据进行自动分析，及时发现传感器设备检测对象存在的问题，并对此作出相应的响应，从而对传感器设备检测对象的状态进行控制或通知平台用户事件的发生，以便用户对此作出相应的决策。

第一章，首先对物联网的基本概念进行了简单介绍，随后分析了国内外物联网发展的现状，之后分别对 Internet of Things 和 Web of Things 进行了相关介绍，同时分析了基于 IOT 和 Web 技术如何产生了 WOT，接着对本文的选题意义和主要研究内容进行了简单说明，最后简单介绍了本文的组织结构。

第二章，主要介绍了物联网及 Web 相关技术。首先对目前国内外主要的物联网体系架构进行了简单介绍，然后对 Jini、UPnP 这两种数字家庭网络的中间件技术和 DLNA、IGRS、ItopHome 这三种数字家庭主要标准进行了介绍，并在此基础上逐一分析了这些技术和标准在使用基础、应用范围和安全性等方面的局限性，最后介绍了 REST、XMPP、JSON、Web Services 等 Web 相关技术，为本文设计通用物联网数据采集与分析平台奠定了较好的理论基础和研究依据。

第三章，首先对平台的总体架构进行了描述，其主要包括物联网数据采集端、通用物联网数据分析平台和各类物联网应用三部分，然后对通用物联网数据模型的构建进行了详细说明，之后又分析了数据的接入和访问方式，随后分析了用户管理模块、鉴权管理模块、Services 模块、ECA 规则模块和数据可视化模块等平台功能模块，为平台的实现提供了坚实的理论基础。

第四章，首先将开源 Web 内容管理框架 Drupal 选作基础开发平台，并对

该基础平台的开发框架及环境搭建作了简要说明，在此基础上对通用物联网数据采集与分析平台的技术堆栈进行了相关介绍，然后针对平台在健康护理领域和能源管理领域的应用进行了详细介绍，从而验证了平台的可用性。

第五章，对论文的研究工作进行了总结，最后客观地分析了本文研究的通用物联网数据采集与分析平台所取得的研究成果及研究工作中仍需改进的不足之处，对未来的研究工作进行了展望。

5.2 研究工作展望

本文对通用物联网数据采集与分析平台进行了研究，为基于物联网的第三方应用开发提供了基础框架。在该研究的基础之上，基于 **Drupal** 这个基础开发平台实现了通用物联网数据采集与分析平台在健康护理领域和能源管理领域的应用，从而验证了该平台的可用性。然而，研究工作过程中仍存在一些不足之处，后续还有如下工作需要进一步的深入研究：

- 1.本文研究的通用物联网数据采集与分析平台主要针对数值型的物联网数据进行了研究，而并未对泛型数据展开研究；

- 2.该平台的 ECA 规则模块是为了实现平台的事件监测功能而设计的，本文在健康护理领域的血压测量方面对 ECA 规则进行了实践，验证了该模块的基本功能，但 ECA 规则的性能仍需进行更加复杂的应用检验；

- 3.本文对平台的数据可视化工作的研究涉及到了设置可视化相关参数和数据可视化形式，其中设置数据可视化相关参数的研究只针对时间范围这个参数进行了实践，还需针对其它参数进行更加深入的研究和实现；

- 4.本文最后将平台应用于健康护理领域和能源管理领域，对平台的可用性进行了验证，为了更好地验证平台的通用性，接下来应该将平台继续应用于其它多个领域进行验证。

参考文献

- [1] 蔡日梅. 物联网概述[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2011, v.29; No.16901: 59-63.
- [2] 关勇. 物联网行业发展分析[硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2010.
- [3] 周洁. 世界主要发达国家物联网的发展现状[J]. 企业技术开发, 2012, (28): 92-93+95.
- [4] 袁东亮. 物联网的研究与应用[硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012.
- [5] 黄迪. 物联网的应用和发展研究[硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
- [6] 纪阳, 成城, 唐宁. Web of Things:开放的物联网系统架构研究[J]. 数字通信, 2012, v.39; No.3 100 5: 14-19+54.
- [7] Kranz, Matthias, Paul Holleis, and Albrecht Schmidt. "Embedded interaction: Interacting with the internet of things." Internet Computing, IEEE 14.2 (2010): 46-53.
- [8] Uckelmann, Dieter, Mark Harrison, and Florian Michahelles, eds. Architecting the internet of things. Springer, 2011.
- [9] Gupta, Vipul, Arshan Poursohi, and Poornaprajna Udupi. "Sensor. Network: An open data exchange for the web of things." Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010 8th IEEE International Conference on. IEEE, 2010.
- [10] 于增光. 基于服务的物联网数据交换平台的研究与设计[硕士学位论文]. 广东: 广东工业大学, 2011.
- [11] Pujolle G. An autonomic-oriented architecture for the Internet of Things[C] //Modern Computing, 2006. JVA'06. IEEE John Vincent Atanasoff 2006 International Symposium on. IEEE, 2006: 163-168.
- [12] Yan B, Huang G. Supply chain information transmission based on RFID and internet of things[C]//Computing, Communication, Control, and Management, 2009. CCCM 2009. ISECS International Colloquium on. IEEE, 2009, 4: 166-169.
- [13] 刘化君. 物联网体系结构研究[J]. 中国新通信, 2010, v.1209: 17-21.
- [14] 李志宇. 物联网技术研究进展[J]. 计算机测量与控制, 2012, v.20; No.16506: 1445-1448+1451.
- [15] 王晶,全春来,周翔. 物联网公共安全平台软件体系架构研究[J]. 计算机工程与设计, 2011, (10): 3374-3377.
- [16] 胡新和, 杨博雄, 倪玉华. 面向服务的可扩展云处理物联网体系架构及其应用研究[J].

计算机科学, 2012, (S1): 223-225.

[17] 邱小明. 物联网体系结构及关键技术研究[J]. 电脑知识与技术, 2011, (28): 6847-6849.

[18] 张红梅, 郇宇, 曾丽君, 张军, 李中林. Jini 技术在网络中心战中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2010, (24): 5179-5182.

[19] 张佳. UPnP 与 IGRS 设备互联机制的设计与实现[硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2009.

[20] 丁威, 陈耀武. 通用即插即用(UPnP)及其应用[J]. 现代机械, 2006, (04): 52-54.

[21] 孟祥宇, 王纯, 李炜. UPnP 设备权限控制及安全协议的研究与设计[J]. 电信工程技术与标准化, 2011, (10): 70-74.

[22] 丁森华, 李学伟, 张乃光, 梁晋春. 数字家庭标准综述与应用分析[J]. 电视技术, 2012, (14): 28-32.

[23] 乐行. 数字家庭的网络标准——DLNA[J]. 实用影音技术, 2008, (09): 29-30.

[24] 宋祥, 陈全. 基于 DLNA 协议的家庭网络研究[J]. 科技资讯, 2011, (29): 10-11+13.

[25] 许锐炮. 基于 IGRS 的家庭网络设备资源管理方法的研究与实现[硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2011.

[26] 高如超. 数字家庭无线网络服务质量控制方法研究[硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2011.

[27] 汪芳琴. 基于 REST 的 Web Services 研究[硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.

[28] 唐明伟, 卞艺杰, 陶飞飞. RESTful 架构下图书管理系统的研究与实现[J]. 现代图书情报技术, 2010, (09): 84-89.

[29] 钟约夫. 基于 REST Web 服务的资源定位方法研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2010, (05): 8-10.

[30] 谢波, 蒋志平. XMPP 研究与应用[J]. 科技广场, 2008, (10): 30-31.

[31] 孙宝军. JSON 与 XML 的比较研究[J]. 内蒙古科技与经济, 2009, (24): 122+126.

[32] 高静. JSON 序列化机制与传输效率研究[硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2011.

[33] 梁明. Web Service 系统集成研究[硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2004.

[34] 代先国. 基于 Restful Web Services 的二维条码编、解码研究[硕士学位论文]. 武汉: 湖北工业大学, 2012.

[35] 中科院计算所 冯百明. Web 服务详解[N]. 计算机世界, 2001-11-05(B17).

[36] 白林如. 基于 Web Service 的校园数据共享系统研究[硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2009.

- [37] 李晓宇. 基于 WebParts 框架下的信息发布系统[硕士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2008.
- [38] 乔彦友, 李广文, 常原飞, 荐军, 张迎. 基于 GIS 和物联网技术的基础设施管理信息系统[J]. 地理信息世界, 2010, (05): 17-21.
- [39] 朱达. 基于事件的服务协同及通信服务提供技术研究[博士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
- [40] Tomlinson, Todd, and John VanDyke. Pro Drupal 7 Development. Apress, 2010.
- [41] 任菁菁, 何前锋, 金瓯, 刘怡, 沈剑峰, 李兰娟. 感知健康、智能医疗——物联网在医疗健康领域的应用[J]. 中国信息界(e 医疗), 2011, (03): 46-48.
- [42] 宋佳楠. 家庭能源管理系统助力智能用电技术发展[J]. 家电科技, 2011, (10): 20-21.
- [43] 牟凌云. 城市居民低碳化能源消费行为及政策引导研究[博士学位论文]. 北京: 中国矿业大学, 2011.

致谢

时光匆匆，转眼间三年的研究生生活即将画上一个完美的句号。在这三年的美好时光里，我在学习上有了很大的进步，生活中也收获了很多的快乐。虽然在此期间，也有过挫折、烦恼和忧伤，但每次我都能够很乐观地面对逆境，笑着战胜困难。所以三年里我一直是快乐地学习，快乐地生活！这一切都离不开同学、朋友们的帮助，也离不开家人的关心和支持，更离不开老师们的谆谆教导和深切关怀，借此机会，我向你们致以最诚挚的感谢和祝福。

我首先要感谢的是我的导师丁香乾教授，非常感谢丁老师在这三年里给予了我一个这么好的学习和实践平台，让我能有幸在一个学习氛围如此浓厚的实验室里跟同学们一起钻研学术，更幸运地是，让我能够在海大新星计算机工程中心这个大家庭里参与课题和项目的开发、测试等工作，极大地提高了我的实践能力。丁老师学识渊博、学术洞察力十分敏锐、工作一丝不苟、胸襟宽广、平易近人，他的这些优良品质在潜移默化中深深地影响了我，是我终身学习的榜样。在此，我想由衷地跟丁老师说“谢谢您三年来对我的教诲和指导，我将受益终身”。

感谢海大新星计算机工程中心的各位领导和老师对我的关心和帮助。尤其要感谢嵌入式组的各位博士：陶冶、许晓伟和王晓东，尤其是陶冶博士在学习和参与项目的过程中给予了我极大的帮助，他严谨的学术态度深深地教育了我，并对我的论文提出了很多宝贵意见。感谢许晓伟博士在学习上对我的教育和帮助，更特别感谢王晓东师兄对我学习和生活上的帮助和关怀。

感谢实验室兄弟姐妹、师弟师妹们，三年的点点滴滴将是我此生最美好的回忆，因为有你们，生活中我多了很多快乐，特别感谢同组的田源和张先部同学，谢谢你们在学习和生活中对我的照顾和帮助，愿友谊天长地久。也感谢门月同学，让我有幸拥有了跟自己如此相像的知己，一切尽在不言中。

感谢我的室友伊凡同学，三年朝夕相处，生活中的点点滴滴，因为有你，让我拥有了更多的欢乐，愿友谊长存。

最后，我要特别感谢我的家人，是你们用亲情给了我一个温暖的港湾，每当我感到孤独、彷徨、失落的时候，我总能在这里找到战胜一切的勇气，有了你们，我才有了前进的动力和信心，我才觉得自己是世界上最幸福的人，谢谢你们为我默默付出的一切。

美好的三年研究生生活必将令人终身难忘，最后，感谢我的母校—中国海洋大学，并再次感谢各位老师、同学和朋友们，感谢你们为我做的一切，祝你们一生平安、健康、快乐、幸福！

耿盼盼

2013 年 3 月 19 日

个人简历

1987 年 12 月 06 日出生于山东省淄博市。

2006 年 09 月 01 日考入鞍山师范学院物理系电子科学与技术专业，2010 年 07 月 01 日获得工学学士学位。

2010 年 09 月考入中国海洋大学信息科学与工程学院信号与信息处理专业，攻读硕士学位至今。

发表的学术论文

[1] 耿盼盼, 丁香乾, 陶冶, 许晓伟, 王晓东. 一种通用物联网数据分析平台的设计与实现[J]. 计算机应用与软件 (已录用).