

# 基于三段式的物联网设计方法<sup>①</sup>

刘么和, 楚晓蕊, 王 莉

(湖北工业大学 机械工程学院, 武汉 430068)

**摘 要:** 研究了物联网的设计过程, 根据物联网的三层结构, 提出了三阶段设计方法。根据该提法设计实现了多个物联网项目。研究表明, 基于三段式设计理论对物联网的实现具有很重要的应用价值。

**关键词:** 物联网; 三层结构; 云计算; Web Service

## Design for the Internet of Things Based on Three-Stage Methods

LIU Yao-He, CHU Xiao-Rui, WANG Li

(School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 420068, China)

**Abstract:** In this paper, the design of the internet of things is discussed. Under the three-layer structure of the internet of things, a three-stage design method is proposed. According to the method, the design of the internet of things is implemented. Our study has shown that the three-stage design method of the internet of things is of great applicable significance.

**Key words:** the internet of things; three-layer structure; cloud computing; Web Service

## 1 引言

Internet 的发明已经解决了人与人之间的交流, 但是人与机器、机器与机器之间的交互仍在探索中, 网络给人类带来了巨大的变化, 无所不在的网络改变了人们的工作、学习、交流方式。现在, 人与物之间的交互已经不再是幻想, 通过装置与各类物体上的电子标签(RFID)、传感器、语音识别、二维条码等经过接口与无线网络相连, 实现了人与物之间的信息交流, 而这些正是物联网所要研究的内容。所谓物联网是指通过信息传感设备, 按照约定的协议, 把各种物品与现存在的互联网连接起来, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监测和管理的一种网络; 这种网络特点是既有测控传感器的功能, 又有分布式 Web Service 平台上数据查询功能以及各种应用服务在云计算平台上交互。

然而, 由于物联网涉及多学科的运用, 系统相对复杂, 要求工程设计人员必须具有软硬件设计经验, 另外, 从目前的文献中来看<sup>[1-3]</sup>, 大部分内容涉及到物

联网的发展和一般概念<sup>[4-6]</sup>, 很少阐述物联网的设计过程, 为了使广大工程技术人员尽快掌握设计物联网的方法, 本文提出了三阶段的设计思想, 强调移动网与互联网的数据融合, 希望对广大技术人员有所帮助。

## 2 物联网设计过程

物联网设计过程比一般工程设计复杂一些, 因为它除了涉及软硬件之外, 还涉及到多结构体系、多部门(如移动、电信和云计算平台等)、防范网络攻击、绿色环保、系统可靠性等环节。因此, 对于比较大的物联网设计项目必须要有一个团队运作。

对于研究生和一般工程技术人员而言, 设计方法主要是面对一般技术细节层面。然而, 物联网具有各自不同的属性, 如智能交通的物联网不同于物流供应链方面的物联网, 所有结构和软硬件并非相同, 但物联网的设计方法都具有三阶段共性, 就是根据三层结构来思考, 即如图 1 所示, 感知层(传感网)、网络层(高速数据网)和应用层(英特网)。

① 基金项目: 国家科技支撑项目(09BAF40B03-1); 武汉科技攻关项目(201010621232)

收稿时间: 2010-11-08; 收到修改稿时间: 2010-12-06

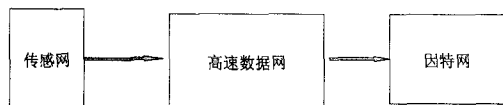


图1 物联网可分为三层:感知层、网络层和应用层

### 3 物联网的感知层设计

感知层是物联网的皮肤和五官,识别物体和采集信息。感知层包括二维码标签和识读器、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、终端、传感器网络等,主要是识别物体,采集信息,与人体结构中皮肤和五官的作用相似。如果传感器的单元简单唯一,直接能接上 TCP/IP 接口(如摄像头 Web 传感器),那问题简单多了,直接写接口数据。实际工程中显然没那么简单,即使你购到某一款装置,硬件接口往往是 RS-232、USB 接口、某电源电压、电流不同等等。更何况传感器往往是多种装置的集合,需要在一定条件下整合。这就是感知层设计需要在 EIP 上整合。见图 2,从图上看,带有 ARM 芯片与各种接口相连,可在上面直接测试。按功能实现各种裁剪,当然,非常重要一环,接上 3G DTU、GPRS DTU 在 EIP 上整合。

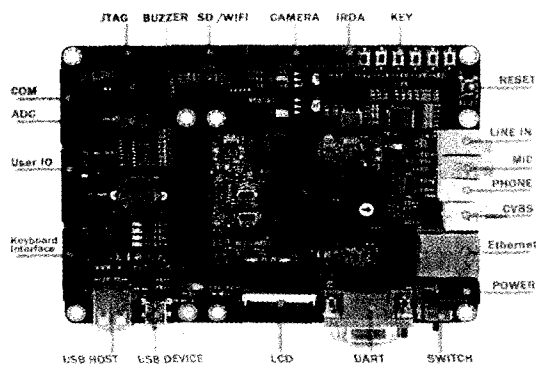


图2 带有 ARM 芯片的开发板

什么是 EIP(Embedded Intelligent Platform EIP)? EIP 意思就是 ARM 芯片(还有其它芯片功能相同)控制单元为基础,实行软件硬件可裁剪,适度对不同种的接口、控制功能进行搭建。

当前,在硬件设计和软件硬化中,EIP 的应用越来越广泛和普及,特别是在通讯、网络、金融、交通、视频、仪器仪表等各个方面,可以说 EIP 产品针对每一个具体行业提供“量体裁衣”的硬件解决方案,而且起到软硬件设计交错互动的桥梁作用。

总之,物联网感知层设计裁剪方法就是在不同传感器、不同接口、不同电源电压下,在 EIP 上剪裁、整合和测试,重点是整合 GPRS DUT、CDMA DUT、GSM Modem、3G DUT 等模块(注意以后有更好的开发模块)将传感器的信号和数据经过移动、电信部门发送到你的 TCP/IP 接口上(在 Web Service 机器上)。

### 4 物联网的网络层设计

网络层是物联网的神经中枢和大脑信息传递和处理。网络层包括通信与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。网络层将感知层获取的信息进行传递和处理,这一部分设计是物联网最重要也是最困难一部分。为了说明这一部分设计方法,请见图 3。从图上看我们可以看到 GPRS DTU(3G DTU 功能相似)与通用 GSM Modem, GPRS Modem 相比,用户无需使用 AT 指令直接使用 RS232 或 RS485 接口即可实现无线上网;GPRS(3G)通信终端增加了路由功能,用户可以快速部署 GPRS(3G)无线应用。RS232/RS485 设备无需更改任何程序即可连接到互联网,即插即用。GPRS DTU(3G DTU)支持固定 IP、动态域名解析、虚拟 IP 服务三种连接模式,提供丰富的测试工具包和二次开发工具包,用户可以最大限度减少重复劳动。但是必须在这里弄清楚的是你的传感器数据是如何导入到 GPRS RS232 接口的(这就是上面讲的 EIP 整合,假如以上所有问题解决了,传感器信号从嵌入式开发板到 GPRS(3G),然后经过移动通信部门数据已经发送到你的 Web Service 机器 TCP/IP 端口上,现在问题是如何从端口上拿到数据显示到浏览器上或将数据插入到 Database 中。

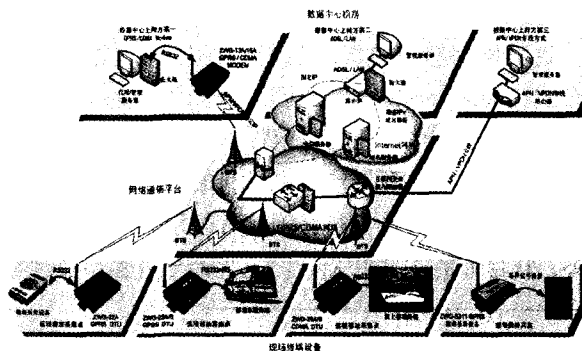


图3 GPRS DTU 信号传送

Winsock API 函数就是写 TCP/IP 端口程序的函数, 如何选取基于 TCP/IP 的客户机/服务器模型和面向连接的流式套接字。其通信原理为: 服务器端和客户端都必须建立通信套接字, 而且服务器端应先进入监听状态, 然后客户端套接字发出连接请求, 服务器端收到请求后, 建立另一个套接字进行通信, 原来负责监听的套接字仍进行监听, 如果有其它客户发来连接请求, 则再建立一个套接字。默认状态下最多可同时接收 5 个客户的连接请求, 并为之建立通信关系。因此程序的设计流程应当由服务器首先启动, 然后在某一时刻启动客户机并使其与服务器建立连接。服务器与客户机开始都必须调用 WinSock API 函数 socket() 建立一个套接字 socket, 然后服务器方调用 bind() 将套接字与一个本地网络地址捆扎在一起, 再调用 listen() 使套接字处于一种被动的准备接收状态, 同时规定它的请求队列长度。在此之后服务器就可以通过调用 accept() 来接收客户机的连接。但是, 要写好一个端口程序, 还要考虑信号流量方式及数据定义的结构, 程序员还必须理解传感器端的数据传送方式, 多线程 (Multi-threaded) 相关的 API 函数是必须理解和正确使用。如 CCriticalSection、CEvent、Cmutex 和 Csemaphore 等。这些函数也必须会正确使用多线程的环境下信号量和同步方式。另外, 多进程之间通信和数据交换也是需要了解的, 有时传感器端内存太小需要将大量调用函数以 DLL 形式置于 Web Service 上调用。总之, 物联网的网络层设计需要软件设计人员懂传感网设计结构, 保持数据不丢失和平衡两端设计工作量。显然, 中间层 (网络层) 设计任务其实并不轻松。

物联网的网络层设计关键是端口信号获取, 保证从传感器端信号流畅导入到 Web Service 中, 这也就是移动、电信和互联网数据融合。

## 5 物联网的应用层设计

应用层是物联网的“社会分工”与行业需求结合, 实现广泛智能化。应用层是物联网与行业专业技术的深度融合, 与行业需求结合, 实现行业智能化, 这一部分必须建立一个适合行业的前端 (ASP 或 JSP 界面) 和 Web Service, 但要指出设计方法要采用 Design Pattern (模式设计法), Web Service 拥有软件重用的物联网代码和数据。语言使用 C#, ASP (或 JAVA, JSP), 前端 (ASP, JSP) 要考虑局部刷新和异步通信功能 (Ajax)。后端 (Web Service) 要考虑 SOA 架构及 Database

数据存放。在考虑手机浏览器时, 设计 WAP 要全面理解 SOAP 和 WML 数据传送原理。在这里软件设计和软件工程就显得特别重要。

软件设计是软件工程的重要阶段, 是一个把软件需求转换为软件表示的过程。软件设计的基本目标是用比较抽象概括的方式确定目标系统如何完成预定的任务, 即软件设计是确定系统的物理模型。

从技术观点来看, 软件设计包括软件结构设计、数据设计、接口设计、过程设计。其中, 结构设计是定义软件系统各主要部件之间的关系, 有时也称总体设计或概要设计。数据设计是将分析时创建的模型转化为数据结构的定义; 接口设计是描述软件内部、软件和协作系统之间以及软件与人之间的通信; 过程设计则是把系统结构部件转化成软件的过程性描述, 这部分也称为详细设计。

在设计步骤, 根据用信: 息域表示的软件需求, 以及功能和性能需求, 采用某种设计方法进行数据设计、系统结构设计和过程设计。数据设计侧重于数据结构的定义。系统结构设计定义软件系统各主要成分之间的关系。过程设计则是把结构成分转换成软件的过程性描述。在编码步骤, 根据这种过程性描述, 生成源程序代码, 然后通过测试最终得到完整有效的软件。

总之, 物联网应对三阶段式设计方法为:

传感网: 嵌入式硬件灵活设计, 在 EIP 上整合测试, 在带有 ARM 开发板上具有发送装置 (从 GSM 到互联网) 或接收信号装置 (从互联网到 GSM)。

数据网: 从硬件接口拿数据, 熟练书写端口程序, 记住多线程多进程正确灵活使用是必须的、反复测试有必要, 程序要避免 hang up 或 memory leak。

英特网: 设计智能 Web Service 和显示数据 Ajax 界面, Web Service 在允许重用代码的同时, 可以重用代码背后的数据, 创建 Web Service 能容易移植到云计算平台。

## 6 应用实例

工程背景描述: 为了实现一个物联网的设计过程, 一个详细的工程实例说明如下: 城市需要对多个端点数据 (压力、温湿度数据等) 采集, 实例证明, 所有信息需传送到一个 Web Service 上, 然后在浏览器上显示, 而这就是一个典型的物联网的设计过程。为了实现这

个 Project, 本系统设计就是采用传感器和嵌入式系统组成主机, 将采集到的数据信息通过 TCP/IP 协议由 GPRS 模块发送到 GSM 公共网络。在远程的服务器上采用 socket 编程, 从端口上拿到数据放入 Web Service 机器上, 然后在不同地点的浏览器上显示。

系统由以基于嵌入式为主机的数据采集发送终端、移动 GPRS 网络、公网固定 IP (服务器)、客户端 4 部分组成。系统的总体结构如图 4 所示。

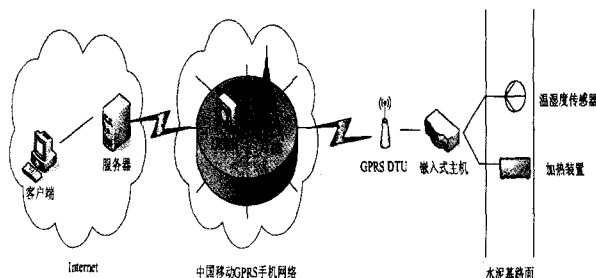


图 4 系统总体结构

### 6.1 物联网的感知层设计

基于 EIP 为主机的数据采集发送终端

数据采集发送终端的硬件设计

系统硬件结构框图如图 4 所示。数据采集发送终端的控制器采用 LPC2138, 该芯片是一个支持实仿真和嵌入式跟踪的 32/16 位 ARM7TD-MI-STM CPU 的微控制器, 并带有 512KB 高速 Flash 存储器和具有独立的电源和时钟源的实时时钟, 片上集成了丰富的功能部件, 如 SPI (Serial Peripheral Interface) 串口, UART0、UART1 全串口, A/D 转换等。很好的满足了硬件系统的要求。

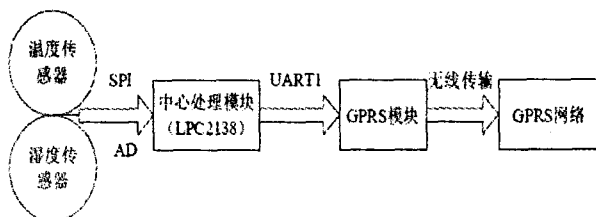


图 5 硬件结构框图

传感器部分使用 DHT90 温湿度数字传感器采集温湿度数据, 使用 RS485 总线连接异步串行通信 UART0 端口, 并将控制器配置成 RS485 主机。通过 RS485 总线与 LPC2138 进行通信, 因为使用 RS485 总

线, 可以同时接受多路温湿度传感器的数据信息。

GPRS 无线模块采用 BenQ 公司的 M23G, M23G 支持 GPRS 功能, 并且内嵌 TC/IP, 可用于实时性较高的、数据传输量相对较大、传输速率相对较快的数据通信领域。通过软件控制, 可实现与 Internet 固定 IP 地址双向数据传输。

### 6.2 物联网的网络层设计

数据采集发送终端的应用软件程序设计主要包括以下两个部分: GPRS 接受命令和数据采集与发送两个部分。应用程序软件是基于嵌入式实时操作系统  $\mu$ C/OS-II。软件流程图所示 6。

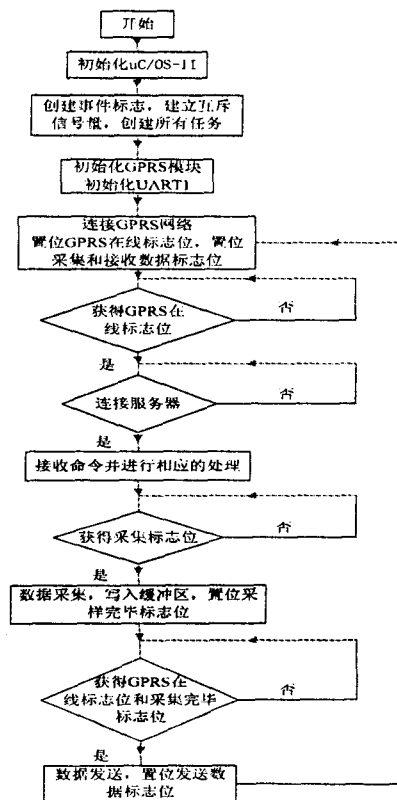


图 6 系统软件流程

应用程序定义了四个主要的时间标志位: GPRS 在线标志位、数据采集标志位、采集完毕标志位和接受命令标志位。这四个标志位协调系统的数据采集、数据发送、接收命令等任务。当初初始化完成后, 获得 GPRS 在线标志位, 连接服务器成功后即可进行命令接受以及命令解析。系统主要设置了三条命令, 分别是采集发送数据命令, 设置采样频率命令和采集数据量大小命令。每个命令的获得都会置位相应的标志位,

通过对标志位是否置位的判断来决定程序下一步的执行。在系统软件中可以设置采集发送的时间间隔（默认为 15 分钟），即每隔 15 分钟，采集发送终端通过通用 TCP 服务器软件将采集的数据包发送给客户端。同时可以改变采集数据包的大小（默认为 1024 字节），即改变数据采集动态缓冲区的大小，数据缓冲区满即可发送数据。

数据采集完毕后置位采集完毕标志位，可进行数据发送。每次写入 GPRS 的最大的数据包为 1024 字节，超过 1024 字节数据做下一包发送，最后发送小于 1024 字节的数据包。

### 移动 GPRS 网络

GPRS 组网方式采用的是企业公网组网方式。中心站配置固定的 IP 地址，而远程终端实行动态的 IP 地址分配。远程终端开机后，主动连接服务器，进行数据采集，终端模块自动获得 IP 地址，主动上报到服务器，并以 xml 的格式将采集到的数据进行保存，客户端通过访问 Weblogic 服务器，查看接受到的数据。

服务器软件的实现是采用 socket（套接口）编程技术，考虑到本系统服务器程序必须能在任何时间处理多个客户连接，因此该程序是一个多线程 TCP 服务器。一个 TCP 连接的建立开始于 TCP 客户机创建一个套接字，然后调用 connect 函数来启动三次握手操作，与远程服务器建立连接。在服务器方面，通用是首先创建一个套接字，然后调用 bind 函数绑定自己的公认端口号，接着调用 listen 函数来准备接受客户端请求，最后调用 accept 函数来完成信息传递。

在本系统的设计中，共建立了两个任务。一个任务用于完成数据的监听接受并处理。当监控服务器监听端口时，发现有采集终端对服务器发出的连接请求时，就接受远程采集终端的连接请求，并以 XML 格式保存接收到的数据。由于每个 GPRS 模块都有一个唯一的 ID 号，因此根据这个 ID 号来识别该系统检测的具体位置，并在 XML 文件中以<Terminal id=""></Terminal>进行标记，同时包含当前时间、温度、湿度三个属性值，如果接收到一个新的 GPRS 的 ID 号，将启用一个新的 terminal 标记。另一个任务用于完成对键盘的监控，并把用户输入的合法相关命令编辑成命令字符串发送数据采集终端。对于不合法的命令抛弃并输出相关提示信息。结合 Socket 编程方法和具体的应用，服务器软件流程如图 7。

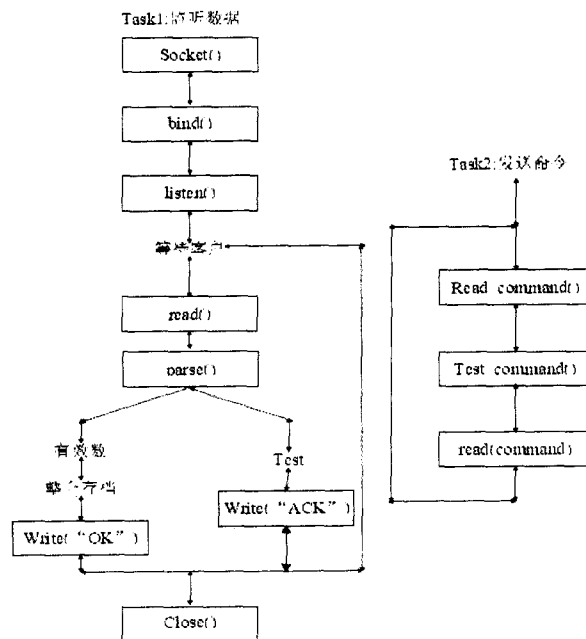


图 7 公共服务器设计流程

## 6.3 物联网的应用层设计

### 富客户端的实现

客户端方面采用基于 RIA 模型的 FLEX 技术来开发 Web 页面。客户端通过 Web 浏览器以 HTTP 协议调用 Web 页面。界面能够显示系统状态、下达配置参数、显示现场采集的数据。WEB 页面与 Web Service 组件通信，把用户的参数传递给 Web Service。

使用 Flex 技术可以构建体验丰富的客户端程序，同时 Flex 还具有 Push 技术，可以把服务端的信息适时的显示到客户端上，这也是把 Flex 技术使用到数据采集领域的重要原因，也是本系统选择使用 Flex 技术的主要原因。

系统的 Web Service 设计采用面向服务的 SOA 设计，这样可以提高系统的反应速度，便于以后对系统的维护，移植到云计算平台。对于软件设计的总体符合门面模式的软件架构，上层直接调用下层的接口，而不是具体的实现，这样有利于软件的扩展和维护。

上述调用过程的核心代码如下：

```

//使用 Flex 的定时器，实现对数据的刷新
import flash.utils.Timer
private function time():void{
var timer:Timer = new Timer(1000);
timer.start();
  
```

```

timer.addListener(TimerEvent.TIMER,
onTimer);
}
//设置时间监视器来监听事件
[Bindable]
public var i:int=new int(0);
private function onTimer (event:TimerEvent):void{
DeviceService.GetVersion.send();
}
//使用 Flex 调用服务
<mx:WebService id="DeviceService"
wsdl="http://localhost:1595/DNWeb/
DeviceService.asmx?wsdl" service="Service"
useProxy="false">
<mx:operation name="GetVersion">
<mx:request>
< Size >{size}</ Size >
</mx:request>
</mx:operation>
</mx:WebService>
//服务器端 C#平台调用声明
public static System.Char Buffer;
public static System.UInt16 Version;
[DllImport("zlg_dnscan32.dll")]
Public static extern bool DNS_Version (ref
System.Char Buffer,ref System.UInt16 Version,
System.UInt32 Size);
//DLL 方法的调用
Bool st=DNS_Version(ref Buffer,ref Version, Size);

```

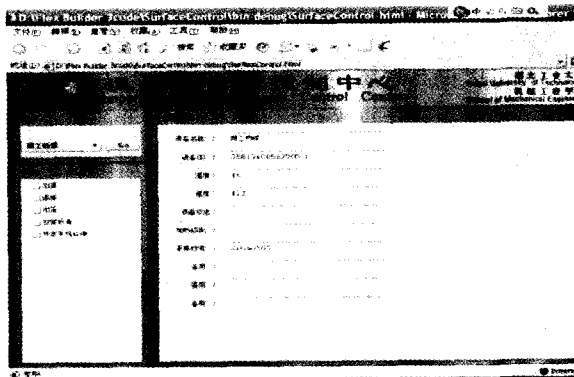


图8 富客户端的 Web 页面

## 7 结束语

(1) 将嵌入式系统采集到的适时温湿度情况数据信息,通过 TCP/IP 协议经由 GPRS 网络无线传输到 TCP 服务器,并上传到 Internet。利用 RIA 模型进行动态调用。本系统体现了通过嵌入式系统使物联网在基于 Internet 上实现的可行性。

(2) 三段式设计方法关键是强调移动网与互联网的数据融合,信号流畅导入 Web Service 中。

(3) 物联网应对三阶段式设计方法为:

传感网:嵌入式硬件灵活设计,在 EIP 上整合测试,在带有 ARM 开发板上具有发送装置(从 GSM 到互联网)或接收信号装置(从互联网到 GSM)。

数据网:从硬件接口拿数据,熟练书写端口程序,记住多线程多进程正确灵活使用是必须的、反复测试有必要,程序要避免 hang up 或 memory leak。

英特网:设计智能 Web Service 和显示数据 Ajax 界面,Web Service 在允许重用代码的同时,可以重用代码背后的数据,创建 Web Service 能容易移植到云计算平台。

## 参考文献

- 1 邹生,何新华.物流信息化与物联网建设.北京:电子工业出版社,2010.
- 2 王保云.物流网技术研究综述.电子测量与仪器学报,2009,23(12):1-6.
- 3 孔宁.物联网资源寻址关键技术研究[博士学位论文].北京:中国科学院研究生院.
- 4 王志良.物联网现在与未来.北京:机械工业出版社,2010.
- 5 UIT ITU internet Reports 2005:The internet of things,2005.
- 6 曲成义.物联网的发展态势和前景.信息化建设,2009,(11).