

基于 RTSJ 的物联网智能网关研究

滕海坤,刘心声,李伦彬

(黑河学院 计算机与信息工程学院,黑龙江 黑河 164300)

摘要:物联网网关发挥着连接传统信息网络与感知网络的重要作用,针对目前人们使用过时的开发手段实现物联网网关软件的设计,提出了一种使用实时 Java 技术的实现方案。系统以 ARM Cortex-A57 架构的 AMD Opteron 1150 处理器为核心构建物联网网关系统硬件平台,采用“互联网+传感网技术/现场总线”的组网方案实现有线/无线的数据交互,使用完全兼容 RTSJ 的 WebSphere Real Time 开发平台实现物联网网关协议的转换,以及三层网络间通信软件的设计,保障物联网网关的安全实时通信,最后给出了该设计的实现技术和系统验证。结果表明:RTSJ 很好地保障了 Java 语言的实时性,整个物联网智能网关完全符合实时系统应用程序的毫秒级测量精度和所期望的服务质量要求。

关键词:物联网网关;传感网技术;现场总线;RTSJ;安全实时通信

中图分类号:TP393.03 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2018)01-0030-06

物联网(Internet of Things, IOT)是在计算机互联网的基础上,利用射频、无线数据通信等技术,按照约定的协议构造一种覆盖世界万事万物的网络,实现智能化的识别、跟踪、定位、监控和管理等功能,已经在仓库管理、医疗保健、智能小区和环境污染等领域得到广泛应用。其中物联网网关是将物联网中万事万物的网络资源进行整合,统一连接到互联网的关键设备,在物联网应用中扮演着非常重要的角色。它不但可以满足某固定区域底层数据收集设备通信的接入需求,实现与广域网的互联互通,还可以完成转发、控制、信令交换和编解码等功能,而终端管理、安全认证等功能则保证了物联网业务的质量和安全。

目前物联网网关软件还是采用过时晦涩的 C/C++、汇编语言等进行编写。这些语言编写程序因过程过于繁琐、要求开发人员技术精湛、容易出错和缺乏安全性等已经不能满足当前物联网的发展要求,物联网网关的开发难度越来越高。因此必须找到新的开发语言和开发手段代替传统方式进行物联网网关软件的开发,简化网络编程

的难度^[1]。

Java 语言集面向对象、平台无关性、稳定与安全性、多线程的特性于一身,为用户提供良好的程序设计环境。Sun 公司还联合其他 IT 巨头针对 Java 语言在实时应用程序中的缺陷进行了扩展并制定规范,即 Java 实时规范(Real-Time Specification for Java, RTSJ, JSR-001)。实时 Java 不仅继承了 Java 语言本身的特点,而且提供了一个更可靠和可预测的调度策略、各种不同的内存模型、一种更好的可预测性线程和同步模型、异步事件处理和高解析(high-resolution)时间等机制,能够满足多种独特的物联网系统实时要求。

本文以物联网技术发展为背景,提出一种基于 AMD Opteron A1150 处理器和 Linux 实时操作系统的物联网网关设计方案,在此基础上,采用“互联网(Internet/4G)+传感网技术/现场总线”方式的组网方案实现各种不同通信技术标准的互联互通,并利用以 RTSJ 为参考的实时 Java 技术实现物联网感知网到接入网的物联网网关的软件设计。

1 物联网系统体系结构

物联网系统总体结构如图 1 所示,系统采用现场总线和无线传感网等多种接入技术将不同区域和不同通信协议的物联网中下层设备通过智能网关连接到核心网,实现大量传感器采集数据的协议转换和远程传输,进而实现物联网设备的远程监控和远程操作。由图 1 可知,物联网的通信系统架构包括感知层、网络层和应用层三层。

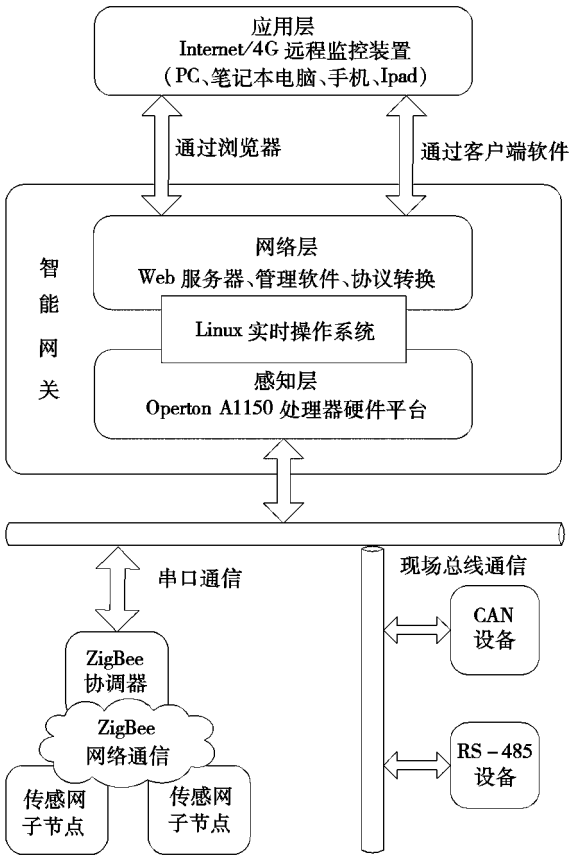


图 1 物联网系统总体结构图

Fig. 1 Overall structure diagram of the Internet of things system

(1)感知层。感知层包括感知和控制技术,主要完成感知延伸设备的组网控制和物理接入,匹配各种传感网络技术实现不同通信协议的接入。为了满足物联网底层设备的多元化,包括智能家居、智能社区和智能交通等各行各业,各模块使用传感网技术和现场总线与物联网系统的网络层连接,从而进行统一的数据采集和存储^[2]。

(2)网络层。网络层主要实现物联网系统的管理和远程数据的传输。由于底层子网的用途不同、技术标准不同,本文基于模块化的思想利用与

RTSJ 标准全面兼容能够改进实时系统的 IBM WebSphere Real Time 开发平台^[3],使用实时 Java 技术实现物联网网关的多样化管理,例如 Web 服务、不同网络之间的协议转换以及信息汇聚和安全应用管理等网关功能。

(3)应用层。应用层是物联网体系结构中的应用和业务管理系统,直接为终端用户的应用进程提供服务。用户采用浏览器或客户端软件通过以太网/4G 网络与物联网系统管理平台连接,利用分析处理的感知数据,使用远程监控装置(计算机或手机等)实现对物联网底层设备状态的实时监控。

2 物联网网关硬件系统平台搭建

按照模块化思想,采用模块化方式搭建物联网网关硬件平台,使其满足感知网络的不同数据感知环境需求,具有高融合性、低功耗和硬件模块容易替换等特点。该系统由处理器/存储模块、网络接口模块(感知层和应用层)和电源模块等组成。

2.1 系统处理器及外围电路设计

为实现上述物联网网关的基本功能,需要构建一个物联网网关系统硬件平台的核心模块,在此核心模块上嵌入实时操作系统以提供基本的实时服务满足 RTSJ 规范的要求;然后再扩展出各通信协议对应的硬件通信模块,实现网关与互联网和传感网的数据信息交互。物联网网关硬件系统平台如图 2 所示,采用 AMD 公司生产的高性能、低功耗的支持 J9 技术的 AMD Opteron A1150 处理器作为主控芯片^[4],实现协议转换、管理和安全等各个方面的数据处理。Opteron A1150 处理器是一款基于 64-bit ARM Cortex-A57 架构、采用 SoC 单芯片设计、主打存储和服务器的具有非常强的通信能力和数据处理能力处理器,支持双通道 DDR3 1600MHz/ DDR4 1866MHz ECC 纠错内存,具有丰富的外围接口以扩展接入各协议的数据收发芯片,从而控制各类信号的传输工作。系统外围电路由外扩存储器模块、ZigBee/现场总线通信模块和互联网通信模块(有线和无线)等构成,以保证其存储能力及多样化的数据处理能力。系统外扩存储器主要用于存储系统引导程序(Bootloader)、实时操作系统 Linux 和 Web 服务程序以及相关数据文档。

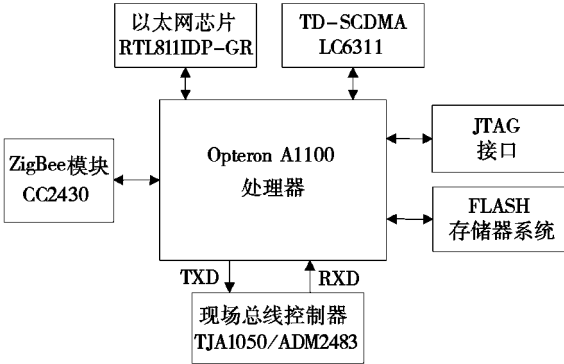


图 2 物联网网关硬件系统平台结构图

Fig. 2 The structure diagram of the hardware system platform of the Internet of things gateway

2.2 系统网络接口设计

2.2.1 互联网通信模块

互联网通信模块是将网关接入广域网,有有线和无线两种接入方式。有线通信模块采用瑞昱半导体公司的 RTL8111DP-GR 控制芯片,它具有网络实时管理功能,完全符合 DASH 远程网管技术规范。Opteron A1150 处理器通过 PCI-E 接口与 RTL8111DP-GR 以太网控制芯片相连,并通过 Linux 操作系统自带的 TCP/IP 通讯协议与以太网进行信息交互,从而降低了互联网通信模块的网络协议开发难度,保证了网关传输数据的能力。无线通信方式主要是利用 TD-SCDMA 模块实现 3G 无线通信的接入功能。TD-SCDMA 模块采用联芯科技公司的 LC6311 芯片,该芯片是一款 TD-SCDMA&GSM (GPRS) 双模无线模块,内部集成 TCP 与 UDP 两种协议,能够快速处理相关数据业务,广泛应用于高速数据传输的物联网领域。LC6311 与 Opteron A1150 的连接非常简单,二者通过标准的 USB 接口连接即可。为了保障数据通信的可靠性,LC6311 无线通信模块与 WEB 服务器端之间通信选择 TCP/IP 协议完成数据的收发功能。

2.2.2 传感网通信模块

物联网网关系统采用模块化控制,通过现场总线和无线传感网技术实现底层设备各子系统与控制平台之间的数据传输,以及 TCP/IP 与底层不同类型网络之间的协议转换^[5]。系统采用飞利浦公司的 TJA1050 收发芯片和 ADI 公司的 ADM2483 收发芯片通过总线耦合器(BCU)实现处理器与 Can/RS-485 现场总线之间的通信(现场总线控制器只需将 RO/DI 与通用异步串行接

口 UART0 的 TXD/RXD 两根信号线连接即可)。感知节点采用 ZigBee 模块实现无线传感网的组网。ZigBee 模块选用 Chipcon 公司生产的首款符合 ZigBee 技术的 2.4GHz 射频系统的 CC2430 芯片,该芯片通过 UART1 接口与处理器相连实现数据的短距离传输和接收功能。

3 物联网网关系统软件设计

网关软件除了协调硬件实现数据的收集和发送功能外,还需实现数据的协议解析和存储、远程交互和安全访问控制等功能。为了更好地按照模块化思想实现这些功能,本文使用以 RTSJ 为参考的实时 Java 技术完成物联网网关的软件设计,不但简化了编程难度还保证了系统的实时需求。本系统将网关分为物联网 Web 服务器和协议解析程序两部分,主要功能如下:1)将底层设备采集的数据进行统一地筛选,按照 TLV (Type-Length-Value) 基本思想将筛选的应用数据组织并封装成数据包,实现数据提取及传输,最后将数据存储到数据库中以备用用户使用;2)用户能够利用终端设备通过浏览器/应用软件直接访问网关数据库查看信息或者控制底层设备状态,实现用户对底层设备的实时监控^[6-7]。物联网网关软件层次结构如图 3 所示。

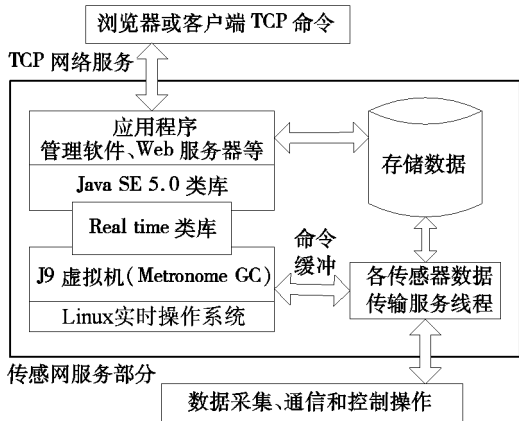


图 3 物联网网关软件层次结构图

Fig. 3 The hierarchical chart of the Internet of things gateway software

3.1 传感网模块通信设计

传感网模块实现网关与底层感知延伸网络之间的通信功能,各传感网网络的数据在此处汇聚。本文采用 OSI 参考模型在传输层完成物联网网关感知层和网络层之间的数据协议转换,同时使用实时 Java 多线程技术实现数据传输功能(一个线

程负责一种传输协议^[8])。RTSJ 通过 `javax. real-time` 包创建实时线程用于在某个特定的时间间隔或者时期内运行某种任务,同时还可以设置实时线程所使用的内存类型和数量解决垃圾回收机制的不确定性,从而保障物联网网关的实时特性。

在完成协议转换的基础上,用户可以通过浏览器或专用的客户端软件与底层设备数据采集模块进行信息交互,通信端口设为 8088 端口。传感网模块发送线程负责将用户操作下达到各底层设备,接收线程从底层设备网络中接收数据并按照 TLV 方式组织/封装数据包,实现网关感知层与网络层的数据协议转换。Web 服务器数据库内容应实时更新,供其它程序调取处理。另外,为了保障服务器有足够的存储空间,系统可以阶段性地删除正常信息。

本文按照模块化思想,在底层设备数据采集模块与物联网网关的接口之间只关注采集模块的控制命令和数据交互指令,不关注具体的组网协议,实现组网协议的无关性。系统通过实时线程类 `RealtimeThread` 创建现场总线设备实例对象调用总线设备读/写接口 `FB_WX()` 和 `FB_RX()`,实现底层设备数据上传和指令下达等操作;通过 `RealtimeThread` 类对象调用 `FB_TCP()` 与 `TCP_FB()` 两个函数实现网关感知层与网络层之间的数据格式转换,将 TCP/IP 协议通信数据按现场总线协议格式封装后保存,由现场总线接口发送出去;在 ZigBee 节点与网关之间设置 AT 指令集完成 ZigBee 协议组网通信。由于网关连接着多种不同的底层设备,数据映射关系管理也是网关很重要的内容。本网关对所有可能下挂的底层设备的输入输出数据格式进行分析,然后分别定义各个底层设备对应的通信接口配置字。现场总线线程部分代码如下:

```
import javax. realtime. * ;
public class FBGateway {
    scheduling = //对象的调度优先级参数
    new Priorityparameters ( PriorityShceduler. MIN
_PRIORITY + 20 ) ;
    memory = //构造线程有效的内存参数副本
    new MemoryParameters ( MemoryParametters.
NO_MAX, 0 ) ;
    area = HeapMemory. instance ( ) ; //线程对象的内存区域,控制垃圾回收
    ProcessingGroupParameters group = null ; //
```

处理组参数控制非周期性的活动

```
Runnable logic = new MyThread ( ) ; //引用实现 Runnable 接口的实例
```

```
RealtimeThread FB_rt = new RealtimeThread
(scheduling, memory, area, group, logic) ;
};
```

3.2 互联网模块通信设计

本文采用实时 Java 和 Socket 技术构建一个多线程、可以并行执行多个命令的网络服务平台(应用层服务)^[9],用户利用 Linux 实时操作系统提供的 TCP/IP 协议通过浏览器向网关服务器发出命令,该命令调用服务器的子程序 CGI 模块解码浏览器命令信息后,与传感网模块建立通信,实现对底层设备的查询和控制操作。

系统通过 `ExecutorService` 服务创建包含多个线程的线程池,每个线程对应一个传感网模块,各个线程使用 `TaskHandler` 类调用 `Run()` 执行相关操作;通过实时 Java 技术创建实时线程类提供给 `Executors` 服务,实时线程类 `RealtimeThreadFactory` 保证普通线程 `ThreadFactory` 类的实时性;WebSphere Real Time 开发平台使用基于时间调度的 `Metronome GC`,实现 JVM 中的确定性、低暂停时间的垃圾收集行为,保证了垃圾收集器的高实时性。

3.3 系统应用与测试

现使用完全兼容 RTSJ 的 WebSphere Real Time 开发平台,以烟尘排放监控为例对物联网网关进行测试,如图 4 所示。网关每监测到一个目标,系统自动将监测时间、图像、黑度值等数据存入数据服务器。图 4 中,操作界面整个区域分为监控图像显示区、监控目标列表和监控分析图区等,如要查询目标状态时,在输入框输入要查找的名称(支持模糊查询),双击监控目标列表上要控制的监控目标,系统自动将镜头的预置位跳到该监控目标对应的预置位,从而将目标图像显示在所属电子眼的监控窗口。监控窗口列出所有监控目标对应的电子眼、预置位、监控目标名称、监控否、最近一次监控时间和黑度值,其中黑度值中的黄色表示一般超标报警,红色表示严重超标报警。当监测值超标时(大于报警阈值),监管部门可以查看该监控目标的实时污染数据。

利用 WebSphere Real Time 开发平台,得到烟尘排放监控系统网关的实时服务数据,并将其与普通线程的服务质量进行对比,结果如图 5 所示。



图 4 烟尘排放监控系统测试图

Fig.4 Test chart of smoke and dust emission monitoring system

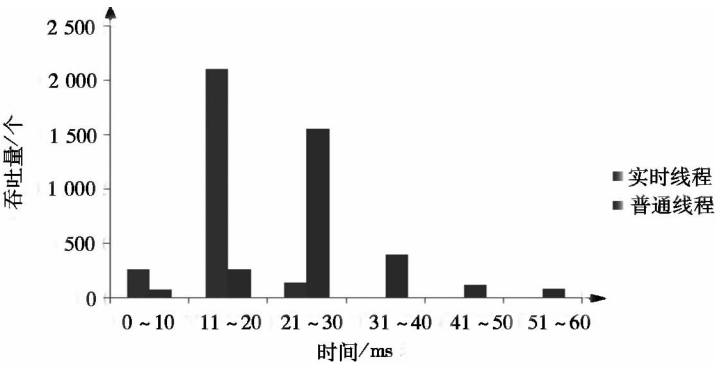


图 5 实时与普通线程的服务质量对比

Fig.5 Comparison of service quality between real-time and normal threads

从图 5 可以看出,RTSJ 扩展的 RT 线程和确定性低暂停时间的垃圾回收机制 (Metronome GC) 明显地改进了 Java 语言操作时间的不确定性,大量任务都能在规定的 11 ~ 20 ms 内完成;延迟较多时长的操作与所有任务平均操作时长非常相近,完全符合实时系统应用程序的毫秒级测量精度。对于 Java 程序开发人员来说,使用 RTSJ 提供 Java 语言程序的时间高度确定性和不变时间调度的 RT 优先级线程开发服务器端程序是非常有吸引力的。

4 结束语

本文采用 ARM Cortex-A57 架构的 AMD Opteron 1150 CPU 作为核心搭建物联网智能网关硬件平台,使用“互联网 + 传感网技术/现场总线”的组网方案实现有线/无线的数据通信,通过完全兼容 RTSJ 的 WebSphere Real Time 开发平台

实现物联网底层设备间不同协议的转换及三层网络之间的数据控制与信息交互,使之向上与互联网即传输层网络实现 TCP/IP 协议的可靠通信,向下完成底层设备的数据采集存储及网络终端远程控制信息的传输。

RTSJ 扩展的 RT 线程和内存管理等新特征为物联网智能网关提供了时间的高确定性,保证了从传感器终端和现场总线终端实时精确地获得有效信息,以及传达并执行用户操作指令。RTSJ 为 Java 程序开发人员提供了新的实时功能,解决了传统 Java 语言在硬实时性方面的缺陷,满足了 Java 语言在实时系统中的应用要求。实时 Java 所具备的优点很好地降低了物联网设备桌面应用系统的开发难度,很容易地实现物联网设备的网络操作桌面窗口化设计,为实时系统的开发应用带来了巨大的改变。实时 Java 技术在物联网领域必将有着更加广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 滕海坤,陆二庆. 基于 RTSJ 的智能家居系统网关设计[J]. 桂林理工大学学报,2011,31(1):148-152.

[2] 陈琦,韩冰,秦伟俊,等. 基于 Zigbee/GPRS 物联网网关系统的设计与实现[J]. 计算机研究与发展,2011,48(S2):367-372.

[3] STOODLEY M, FULTON M, DAWSON M, et al. 使用 Java 语言编写实时系统[EB/OL]. (2007-05-10)[2017-08-26]. <http://www.ibm.com/developerworks/cn/java/j-rtj1/>.

[4] 陈乐庚,洪志鹏,崔更申. 嵌入式物联网智能网关的设计与实现[J]. 通信技术,2014,47(12):1455-1458.

[5] 张艺粟,李鸿彬,贾军营,等. 物联网 ZigBee 网关的设计与实现[J]. 计算机系统应用,2013,22(6):34-38.

[6] 张文华,谭薇,陈砚圃,等. 基于嵌入式 Web 服务器的物联网网关设计[J]. 四川大学学报(自然科学版),2013,50(5):962-966.

[7] 申斌,张桂青,汪明,等. 基于物联网的智能家居设计与实现[J]. 自动化与仪表,2013(2):6-10.

[8] 何一鸣,鲍玉军,钱显毅. 基于 LPC2214 的传感器网关设计[J]. 南京航空航天大学学报,2012,44(6):911-916.

[9] 许文勇. 基于 Socket 的网络编程技术及其实现[J]. 无线互联科技,2014(5):17.

Research on Intelligent Gateway of Internet of Things Based on RTSJ

TENG Haikun, LIU Xinsheng, LI Lunbin

(Computer and Information Engineering College, Heihe University, Heihe Heilongjiang 164300, China)

Abstract:The Internet of things gateway plays an important role in connecting the traditional information network and the perception network. Aiming at the current use of outdated development tools to implement the design of gateway software for the Internet of Things, an implementation scheme using real-time Java technology is proposed. The system uses the AMD Opteron 1100 processor with ARM Cortex-A57 architecture as the core to construct the IoT gateway system hardware platform. The networking scheme of "Internet + sensor network technology/field bus" is adopted to realize the data interaction of wired/wireless. The WebSphere Real Time development platform fully compatible with RTSJ implements the transformation of the iot gateway protocol, as well as the design of two layers of internetwork communication software. The security and real-time communication of the Internet of things gateway is guaranteed. Finally, the implementation technology and system verification of this design are given.

Keywords:IOT Gateway; Sensor Network Technology; Field Bus; RTSJ; Secure Real-time Communication

(责任编辑:李华云)