

一个传感器网络服务网关的设计与实现

褚伟杰,李伟平,张丹武,张炜琛

(北京大学 软件与微电子学院,北京 102600)

摘要:在物联网应用程序开发中面临的一个问题是如何从不同的设备,不同的厂家,不同的传感器编程接口中解脱出来,从而能够快速开发基于不同传感器网络的应用。文中提出一种通用的屏蔽底层传感器不同编程接口的解决方案。根据不同种类传感器网络自身的特点,文中分析 IEEE1451 标准定义的传感器数据格式和其他各式各样传感器的数据格式,以解决传感器的数据获取与融合问题。文中设计了一个传感器网络服务网关,该网关可以很好地兼容支持 IEEE1451 标准的传感器数据格式和非 IEEE1451 标准的传感器数据格式。最后,文中对该网关的性能进行了测试和分析。

关键词:传感器网络;服务网关;OSGi

中图分类号:TP18

文献标识码:A

文章编号:1673-629X (2013)01-0013-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.01.004

Design and Implementation of a Sensor Network's Service Gateway

CHU Wei-jie, LI Wei-ping, ZHANG Dan-wu, ZHANG Wei-chen

(College of Software and Microelectronics, Peking University, Beijing 102600, China)

Abstract: In IoT application program development a problem faced is how to be free from different equipment, different manufacturers, different sensor programming interface, which can rapidly develop applications based on the different sensor network. Introduce a solution which can hide the different application programming interface of different sensor devices. According to the different kinds of sensor network with its own characteristics, analyze the sensor data format defined by IEEE1451 standard and other various sensor data format, solving the sensor data acquisition and integration problems. It designs a sensor network service gateway, which can be very good compatible support for sensor data format of IEEE1451 standard and non IEEE1451 standard. Finally, the performance of the gateway are tested and analyzed.

Key words: sensor network; service gateway; OSGi

0 引言

随着信息技术、传感器技术的发展,将传感器技术应用于人们的日常生活中已经成为了传感器技术的普及方向^[1,2]。传感器能够实时监测、感知和采集网络分布区的环境或监测对象信息,并能够通过传感器网络发送给特定的服务器,供应用层的应用使用^[3]。利用传感器的数据或者事件,从而使得计算机能够很好地感知当前情景,即情景感知^[4~6],已经成为现在计算机技术发展的热门方向。

然而,开发情景感知服务面临的一个问题是如何从不同感知设备、不同厂家、不同应用程序编程接口中解脱出来,从而能够快速开发基于不同传感器网络

的应用^[7]。文中提出一种通用的屏蔽底层传感器不同编程接口的解决方案。

文中所要解决的问题包括:

1)设备的接入以及管理问题。

文中提到的设备既包括传感器,逻辑传感器,也包括智能移动终端以及网络信息资源。由于不同厂商,不同品牌,不同种类设备的协议以及网络的不同,使得传感器的应用充满复杂性和多样性。如何能够屏蔽底层设备的差异性,如何能够使得系统的可扩展性更强,能够很方便地添加新的传感器成为设备接入的重点和难点。同时如何能够动态地支持热拔插的管理设备,能够支持设备的快速方便的配置,以及设备的更新、迁移等问题都是必须考虑的。在获取数据时,怎么能够使得从不同的设备获取的信息能够统一的表示,从而使得上层的推理程序能够更加简单快捷的应用,而不用去处理不同格式数据的问题,从而实现中间件的松耦合都是系统必须处理的问题。

2)IEEE1451 标准^[8,9]设备的支持和处理问题。

收稿日期:2012-09-28;修回日期:2012-12-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61033005);国家科技支撑计划项目(2011BAH14B02)

作者简介:褚伟杰(1980-),男,讲师,从事情境感知、物联网技术研究;李伟平,教授,博士,从事情境感知、服务计算研究。

从系统的可扩展性方面和系统对于标准的支持方面的考虑,希望系统能够支持 IEEE1451 标准。同时由于 IEEE1451 标准的复杂性,还需要考虑和其他格式的兼容。

1 传感器网络服务网关

传感器网络服务网关主要用来实现数据采集,过滤,转化和传输的功能,传感器网络服务网关负责连接传感器网络和外部网络及各种不同设备间的数据通讯。

具体包括:

1) 数据采集功能,能够获取传感器的数据发送到服务器端;

2) 数据格式统一,为了能够屏蔽不同传感器数据格式的差异,使得传送的数据能够很好地被服务器端解析和使用,不同格式的数据必须进行数据的标准化;

3) 传感器的配置功能,能够使得用户自己配置传感器的位置、传感器的使用情况等信息;

4) 设备的即插即用功能,设备能够动态地加入和离开,能够在需要的时候为应用提供数据,不需要的时候方便的关闭,而不需要重启整个网关;

5) 设备的控制,有些设备提供了相关的控制功能,需要提供上层应用对设备的控制功能;

6) 网关的安全性服务,为设备的控制提供相关的安全认证,保护用户的权益。

1.1 网关的整体架构

采用 OSGi 构架的网关传感器网络体系结构设计,与传统的传感器网络网关最大的不同是:当需要在传感器网络中启动、更新、卸载等服务时,用户可通过 OSGi 提供的生命周期管理服务,直接在控制台启动或者暂停服务,从而使得用户能够方便地管理这些服务。

其中最基本的需求是数据收集,通过网关的通讯服务把由传感器产生的数据传送到外部网络外,还需要定位、数据管理、节点命名、时间同步等其它服务。将这些服务整合就可从传感器网络获取所需要的基本数据。

具体的体系结构的设计如图 1 所示。

网关的基本服务:HTTP 服务,由于和上层的通信之间采用的是 HTTP 无连接,无状态的通信方式,所以网关中需要有 HTTP 的服务。配置服务,对于不同厂家提供的传感器服务,为了能更好地使用该传感器信息进行推理,需要配置该传感器的位置信息等其他信息。安全服务,服务器端可以给传感器发送控制命令,为了保证用户的权益,需要对控制命令进行授权认证。数据处理,包括数据转化、过滤、汇聚、缓冲、存储等功能。通信协议处理服务,系统和上层通信采用 HTTP

的方式,具体的通信采用消息模式,每个消息使用 XML 的格式定义,包括消息头,消息体,消息扩展。

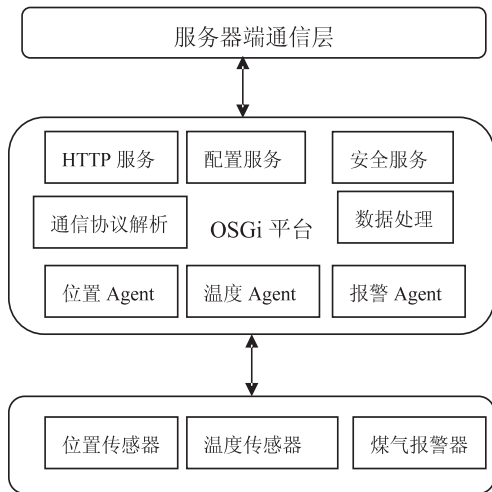


图 1 智能网关体系结构设计图

图中传感器 Agent 部分是负责每个传感器的具体开发和实现,使得不同的传感器能够被系统应用和管理。

1.2 网关和上下层之间通信的设计

本节主要讲网关和上下层之间的通信方式。

1.2.1 网关和服务器的通信

网关的最终目的是把从下层采集到的数据发送给上层服务器端。网关和服务器之间的通信需求主要有:

1) 网关需要把传感器采集到的传感器数据发送给服务器,使得服务器能够通过这些信息进行情景感知的判断;

2) 服务器需要把对一些设备的控制信息发送给网关,由网关来处理。从而控制具体的设备完成某些命令;

3) 服务器能够接收多个网关采集到的传感器数据,同时网关也可以向多个服务器发送采集到的数据。

由以上需求可知传感器数据的特点是每次通信所携带的信息量并不大,不需要网关和服务器端进行多次握手对话,也不需要通信两端保持对方的 session 信息。同时为了能够满足第 3 点需求,即网关和服务器端能够实现多对多的通信。两端之间的通信需选择无状态的通信协议。

1.2.2 网关和传感器的通信

网关需要获取传感器层的数据,需要和传感器网络进行通信。但是由于不同的传感器系统的通信方式和数据获取方式不一样,使得对于不同的传感器系统需要采用不同的方式。

由于不同的传感器使用不同的数据格式,智能网关需要针对每一种格式进行处理,将其转化为统一的数据格式表示。所以对于每种不同的传感器系统,在

网关中需要有一个特定于该传感器进行数据格式处理和通讯协议转换的程序。针对这一需求,网关程序引入 OSGi 框架,发挥 OSGi 框架的优点,增强网关系统的易扩展性。在网关的实现中,对于不同的传感器系统,在网关中定义一个对应的 Agent 来处理,把从底层获取的数据转为系统定义的标准格式后,在发送给上层服务器。不同的 Agent 使用不同的方式获取底层的数据。在网关中,采用 Agent (OSGi 框架中的 Bundle) 来负责处理不同的系统,用不同的方式获取底层数据,并进行数据格式的转化。

2 传感器统一标准信息格式的设计

系统在设计数据格式时考虑支持的传感器类型包括:传感器(红外检测,烟雾检测,湿度检测,温度检测)以及控制器(用来控制电灯开关,空调开关等的控制器类型)。这些传感器/控制器系统是通过它们本身支持的数据传输协议与本网关系统连接的,如 Zig-Bee,红外等。定义的传感器系统对外提供的消息格式是变长的二进制数据,最多包含 64 个字节,其格式定义如图 2 所示。

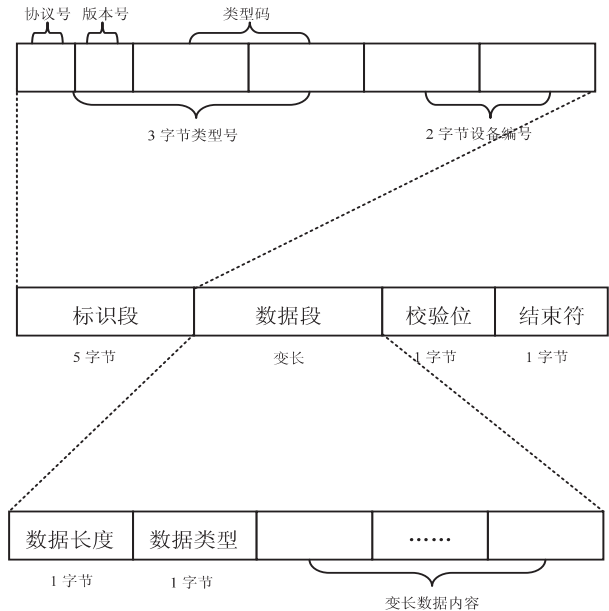


图 2 传感器消息结构

图中 1~5 个字节为标识段,其中 1~3 字节为类型号,4~5 字节为设备号;后面为变长数据段,其中第 1 个字节为数据段长度,后面紧跟数据内容,数据内容的第一个字节用于表示数据类型;数据段之后是 1 字节校验位,最后 1 字节是结束符,用 16 进制 0X0A0D 表示。协议号和版本号用于未来扩展,现阶段可全部置为 0;数据类型 0X00H 表示控制命令,0X01H 表示数据,0X02H 表示命令和数据混合。数据长度用 16 进制数表示数据类型加上数据内容包含的字节数。

IEEE1451 是用来解决传感器之间兼容性和统一

格式的标准。但是由于目前很多的传感器数据源并不支持 IEEE1451 标准,所以定义一个能够统一上面提到的传感器格式和 IEEE1451 标准格式的数据格式。采用统一的 XML 格式信息,使得服务器端能够很方便地解析这些 XML 信息。从而使得服务器并不需要知道具体的每一个传感器的消息格式,实现了系统的松耦合。

XML 标准消息定义为 2 部分:

1. 消息头。

包括消息创建时间、网关 ID、传感器 ID、消息 ID、设备 ID、本机 IP 地址、端口、版本号。

2. 消息体。

消息体分为两部分,一部分固定信息,里面每条信息必须有的;一部分扩展信息,方便不同的传感器添加自定义的信息。固定信息包括:消息主题、事件类型、优先级、位置、发生时间、事件有效期、设备名称、消息内容。自定义的消息可以根据 XML 的规范随便自己定义。

下面以 BLIP^[10,11] 蓝牙芯片定位系统^[12] 获取用户的位置信息为例进行说明:

```
<DIAMessage CreateTime="2011-1-1T09:05:29.31"
  GetwayID="OSGiSensorEvent_39d7e401-204e-4d0" SensorID="123456789012"
  MessageID="39d7e401-204e-4d05-ac5b-e4b627fe"
  DeviceID="1211" IP="192.168.18.12" Port="919">
  <DIAMessageBody type="Complex">
    <children name="Topic" type="string">
      <values>Location</values> </children>
    <children name="MessageType" type="string">
      <values>DataMessage</values> </children>
    <children name="Location" type="string">
      <values>5205</values> </children>
    <children name="OccurTime" type="dateTime">
      <values>2011-01-01T09:05:29.312Z</values>
    <children name="EventTimeOut" type="int">
      <values>2000</values> </children>
    <children name="DeiveName" type="string">
      <values>2323</values> </children>
    <children name="MessageValue" type="complex">
      <value name="Coordinate">(30,32,54)</value>
      <values name="Location"></children>
    </DIAMessageBody>
  <DIAMessageExtend type="string">
    <children name="Description" type="string">
      <values>Relative Coordinates</values>
    </DIAMessageExtend>
  </DIAMessage>
```

图 3 位置信息格式

如图 3 所示,由蓝牙位置信息转化而成的标准格式的位置信息分为了三大部分,消息头 (DIAMessage 的属性部分),消息体 (DIAMessageBody) 和消息扩展 (DIAMessageExtend)。

- 下面讲解每个元素的来历。
- DIAMessage 属性部分:
- CreateTime:消息创建时间,在把蓝牙位置信息转化为标准位置信息时获取系统时间所得;
- GetwayID:智能网关的标识,由系统配置服务的配置 XML 中获得;
- SensorID:传感器 ID,在蓝牙系统中具体的是 Blip-Node 的 MAC 地址;
- MessageID:消息的 ID,由数据转化时调用 java.util.UUID.randomUUID() 方法所得,为全球唯一的一个标识符;
- DeviceID:传感器发现的终端设备的 ID,在蓝牙系统中是 BlipNode 扫描到的蓝牙终端设备的 MAC 地址;
- IP:网关的 IP 地址,由 java 获取本机的 IP 地址;
- Port:本机开放的收发消息的端口,由系统的配置服务中得到;
- Version:版本,默认为第一版 1.0。
- DIAMessageBody 部分:
- Topic:消息面向的主题,位置消息就是 location;
- MessageType:消息类型,分为数据和控制命令两类,位置信息显然是数据消息;
- Priority:消息处理的优先级;
- Location:表示传感器部署的位置信息,由系统的配置服务得来;
- OccurTime:传感器获取到数据的时间,由传感器的 API 得到数据时获得获取的时间;
- EventTimeOut:数据过期时间,由系统的配置信息中得到;
- DeiveName:扫描到的设备的名称,由蓝牙系统的 API 得到;
- MessageValue:是一个复杂类型的数据,存放的是本次消息的值,里面存放的必须是键值对的形式,不然无法解析,其中的位置信息由蓝牙节点的配置信息可以得到。
- DIAMessageExtend:在该元素里面存放的是消息的扩展部分,由于该标准的格式,并不能把所有的传感器获取的消息给强制固定为确定格式的数据,所以必须要有一个扩展部分,用来存放固定格式没有定义到的字段。如 BLIP 蓝牙芯片定位系统中需要定义扩展属性 Relative Coordinates 来表示位置信息的坐标值,是相对位置的坐标,而不是绝对的位置坐标。
- IEEE1451 采用 TEDS 规范这传感器数据,在系统

中采用简化的 XML 的统一数据格式。因此需要对 TEDS 的数据进行转化,在系统的设计中已经讲过了每个 Agent 负责和对应的传感器系统进行通信,并获取其信息。在对 IEEE1451 进行处理的时候也需要一个对应的 Agent 对其进行处理。Agent 调用 IEEE1451.1 标准中定义的一些对外的接口来获取相应的 TEDS 中的数据。获取到 TEDS 后需要进行一定的解析和转化,把数据转化为 XML 格式的数据。如从 TEDS 中获取相应的设备编号,填充到 XML 格式中的设备 ID 这一项。还包括用户自定义的 TEDS 数据,填充到统一 XML 格式的扩展项中。扩展项中是采用键值对的形式。定义了 name 和 value。

3 网关的实验与评估

- A. 网关获取信息的并发量。
- 对传感器信息的获取采用压力测试的方式,分析智能网关采集信息的性能。测试采用 Apache 的测试工具 jmeter。用 jmeter 模拟本网关中使用的传感器系统,和网关的传感器 Agent 进行通信。模拟采用线程进行,每个线程都单独模拟一个传感器系统给网关发送信息。最终的结果如表 1 所示:

表 1 网关获取数据并发量				
并发数量	平均响应时间(ms)	90% 消息响应时间(ms)	发送失败 (%)	吞吐量 (个/s)
10	8	12	0.00	10.6
100	8	16	0.00	105.8
500	19	26	0.00	488.8
1000	20	35	0.00	986.2
2000	33	69	9.95	2053.4
5000	30	46	11.2	4863.8

其中表上面是采用 10 个线程不停的给网关发送信息的测试结果。并发数目是一共发送的消息的数目。由表知道当并发 10 个系统,每个系统同时给发送 200 条消息,即一共发送 2000 条时出现了消息发送失败的 error。5000 条时 error 更高。

- B. 网关同时发送 XML 信息的吞吐量。
- 表 2 网关发送消息的吞吐量
- | 测试发送消息数目 | 吞吐量(个/s) |
|----------|----------|
| 10 | 17.79 |
| 100 | 62.53 |
| 400 | 75.91 |
| 1000 | 88.00 |
| 2000 | 97.72 |
| 3000 | 83.18 |
| 4000 | 104.51 |
- 智能网关需要给上层的 server 发送消息,因此需

要对发送消息的吞吐量进行测试。测试出在当前的系统环境下,网关每秒能够给服务器发送多少条消息。具体同样采用 jmeter 测试,结果如表 2 所示。

测试结果表明,网关在使用 HTTP 协议发送 XML 格式消息的时候随着发送消息的数目增加,吞吐量不断增大。但是当吞吐量达到 100 左右时,系统的吞吐量达到极限。

4 结束语

文中工作包括:

1. 提出了兼容各种传感器的通用的 XML 标准的信息格式,从而真正实现了系统的松耦合以及对各种不同传感器系统的支持和兼容。
2. 对系统的性能和可扩展性进行测试和分析,测试出了系统的并发量和吞吐量。

参考文献:

- [1] 马祖长,孙怡宁,梅涛. 无线传感器网络综述[J]. 通讯学报,2004,25(4):114-124.
- [2] 杜晓明,陈岩. 无线传感器网络研究现状与应用[J]. 北京工商大学学报,2008,26(1):41-44.
- [3] 宋光明,葛运建. 智能传感器网络研究与发展[J]. 传感技术学报,2003(2):107-112.
- [4] 张结斌,文代刚. 智能传感器网络的发展与展望[J]. 自动化与仪表,1998,13(6):1-2.
- [5] 罗俊伟,秦晓,陈思功. 普适计算中基于上下文触发的事务模型[J]. 小型微型计算机系统,2004,25(8):1542-1545.
- [6] 徐光佑,史元春,谢伟凯. 普适计算[J]. 计算机学报,2003,26(9):1042-1050.
- [7] 他丽娟,贺梁,顾君忠. 支持 OSGi 的家庭服务网关的设计与实现[J]. 计算机应用与软件,2003,25(3):44-47.
- [8] IEEE STD 1451.0-2007 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Common Functions, Communication Protocols, and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats[S]. IEEE, Inc, 2007.
- [9] IEEE STD 1451.1-1999 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model[S]. IEEE, Inc, 1999.
- [10] Blip Systems. BlipNet Administrators Guide[S]. Denmark: Blip Systems, 2005.
- [11] Blip Systems. Application Developers Tutorial[S]. Denmark: Blip Systems, 2005.
- [12] Zhou Sheng, Pollard J K. Position Measurement Using Bluetooth[J]. IEEE Transaction on Consumer Electronics, 2006, 52(2):555-558.

《计算机技术与发展》投稿要求

(1) 新投稿可通过 Email 发至本刊电子信箱:ctad@vip.163.com。投稿前请作者自审一遍,论文要求主题突出、用语规范、层次清楚、结构严谨、文字精练、文理通顺、逻辑性强。

(2) 论文题目不超过 20 个汉字。

(3) 作者姓名及作者所在单位部门、城市、邮政编码(多位作者不在同一单位应分别开列)。

(4) 摘要须从目的、方法、结果、结论 4 个方面阐述,200 字以上。

(5) 关键词 3~8 个为宜。

(2)~(5)项内容必须中、英文具备。

(6) 作者简介:姓名、出生年、性别、学位、研究方向;

导师简介:姓名、职称、研究方向。

(7) 作者在投稿时须注明是否是中国计算机学会(CCF)会员(高级会员、普通会员、学生会会员)。若是会员,请注明会员号(凡第一作者为 CCF 会员/高级会员/学生会会员者,将享受 85 折的版面费优惠。)

(8) 投稿时请写明详细通信地址、邮政编码、联系电话、Email 信箱等各项必备内容。收到稿件经初审通过后,30 天内以电子邮件的方式通知作者处理意见。稿件刊登后赠送样刊 2 本。

一个传感器网络服务网关的设计与实现

作者: [褚伟杰](#), [李伟平](#), [张丹武](#), [张伟琛](#)
作者单位: [北京大学 软件与微电子学院, 北京 102600](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201301006.aspx