

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2017.10.025

基于物联网架构的自助终端运行平台*

金 诚, 占红武*

(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要: 针对当下自助服务终端运行时经常会面临网络异构且复杂、扩展性差等问题, 对现有的自助终端服务特点进行了研究, 并分析和归纳了 3-Tiers 物联网框架和面向服务的架构, 提出了一种基于 3-Tiers 物联网架构的自助终端运行平台解决方案。通过采用面向服务的架构将系统的服务层与控制层分离, 结合 ECA 规则模型实现服务组合, 设计并实现了基于 3-Tiers 物联网架构的自助打印终端运行系统。详细描述了系统中的应用层、资源层与在线自助打印终端的设计实现。最后, 对该系统实例中终端与服务器间的通讯响应时间和终端间的服务组合功能进行了测试。实验结果表明: 该系统在终端连接时通讯稳定, 并且能够实现对于多终端的服务组合功能, 为实现自助服务终端的多样化应用奠定了基础。

关键词: 自助终端; 物联网; 服务组合; 面向服务的架构

中图分类号: TP393

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2017)10-1214-06

Self-service terminal running platform based on internet of things

JIN Cheng, ZHAN Hong-wu

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at the problems that network heterogeneous and complex, poor scalability of current self-service terminal, a self-service terminal operating platform solution based on 3-Tiers networking was proposed. The characteristics of the existing self-service terminal services, the 3-Tiers networking framework and service-oriented architecture was researched. The service-oriented architecture was used to separate the service layer of the system from the control layer. Then considering the ECA rule model, a self-service printing terminal operating system based on the 3-Tiers internet of things architecture was designed. The application layer, resource layer and online self-service printing terminal in the system were introduced in detail. Finally, the communication response time from the terminal to the server and the service combination function between the terminals was tested. The results indicate that the system is stable when the terminal is connected, which can realize the multi-terminal service composition function, and lay the foundation for the diversification application of the self-service terminal.

Key words: self-service terminal; internet of things; service composition; service-oriented architecture(SOA)

0 引 言

随着服务业的发展和人力成本的增加, 自助服务终端作为更加优质的互联网化服务, 在各种细分行业不断涌现。虽然现有的自助终端机技术已经成熟, 但传统自助终端运行平台大多是封闭系统, 其特点是面向功能,

业务简单, 基本基于较低层网络和私有协议, 无法满足新形势下的自助服务需求。而新的自助服务终端具有移动互联网基因, 它们网络异构, 且形式各异、业务多元, 这些优质服务通常需要高度依赖云端支持。所以, 如何设计一个开放的终端系统平台, 联合多个异构网络下的自助终端, 完成稳定、实时的终端服务调用, 从而实现

收稿日期: 2017-03-08

基金项目: 浙江省科技计划资助项目 (2017C31028)

作者简介: 金 诚 (1991-), 男, 浙江海宁人, 硕士研究生, 主要从事物联网与终端控制领域方面的研究。E-mail: jacyjin@outlook.com

通信联系人: 占红武, 男, 博士, 讲师。E-mail: waltzhan@hotmail.com

跨终端的服务组合, 成为建设未来终端运行系统的重要课题。

为了解决上述问题, 有学者开始对与物联网结合的自助终端运行系统进行研究^[1-2]。但他们研究的大部分都是针对某个特定自助服务终端的系统设计, 如银行 ATM 等具有稳定网络连接的自助服务终端, 并没有对异构网络下不同终端间服务组合进行讨论研究。

针对以上的背景和问题, 本文将设计一个基于 3-Tiers 物联网架构的自助终端运行系统, 通过将控制层与服务层解耦, 采用面向服务的架构组建应用, 以实现适用于自助服务终端的物联网架构并验证。

1 物联网框架与 SOA 技术

1.1 3-Tiers 物联网架构

近年来, 随着全世界科研人员对于不同行业中面向服务物联网研究的深入, 提出了多种面向服务构建物联网的软件体系结构^[3-6]。其中 3-Tiers 物联网架构是由 LA H J 等学者^[7]提出的应用于可被远程调用的分布式物联网架构。

它的体系结构参考模型如图 1 所示。

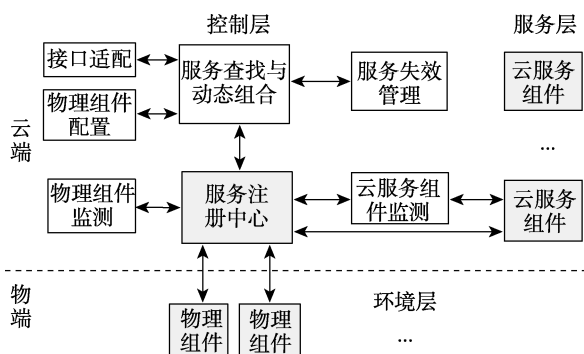


图 1 3-Tiers 体系结构参考模型

3-Tiers 体系结构作为面向服务的软件架构, 将后端的服务与前端的物理实体服务结合起来, 提出了将环境层、服务层和控制层组合的 3 层信息物理融合系统结构。其中, 位于物端的物理组件有传感器和执行器两种, 传感器负责提供感知数据, 执行器用于实现与现实世界的交互动作; 服务层中的云服务组件是由的云计算提供的服务; 控制层中的服务注册中心、服务查找与动态组合等组件实现了对于服务的监测、组合和配置等功能。该架构在不同的领域已经有研究尝试^[8-9]。

基于服务的 3-Tiers 框架有如下 3 个主要特点:

- (1) 通过将控制层与服务层解耦, 为不同的多个终端系统提供可重用的服务;
- (2) 有着面向服务的架构特点, 为实现服务组合

提供了基础;

- (3) 通过将物理终端与部分服务分离, 可以方便的实现功能更改。

1.2 SOA 与物联网

SOA 是通过将基本的 Web 服务组合起来提供增值服务的框架, 基于 SOA 的物联网技术可以提高终端服务的动态连接特性, 为物联网应用增加了灵活性和复用性^[10-11]。

实现 SOA 的方法是基于 SOAP/WSDL 的远程调用 (remote procedure call, PRC), 在应用系统中, 调用已发布的 Web 服务实现功能操作。目前, 已经有一些研究学者将 SOA 架构应用在物联网系统上^[12]。但不同于以往的工作, 在自助终端领域, 需要考虑终端网络的异构性、不稳定性以及不同运营商的终端管理系统已经存在且异构的事实, 并且跨终端的组合服务需要考虑上下文信息和对话状态管理^[13]。考虑到上述自助服务特点, 本文设计了一个针对自助终端领域的基于 SOA 的物联网运行系统, 该系统以 3-Tiers 架构为核心, 通过解耦自助终端与系统的连接, 屏蔽终端的异构性, 引入 ECA 规则^[14]模型实现跨产品的终端组合, 具有一定的现实意义。

2 自助终端物联网系统设计

本文设计基于 3-Tiers 物联网架构的自助终端运行系统如图 2 所示。

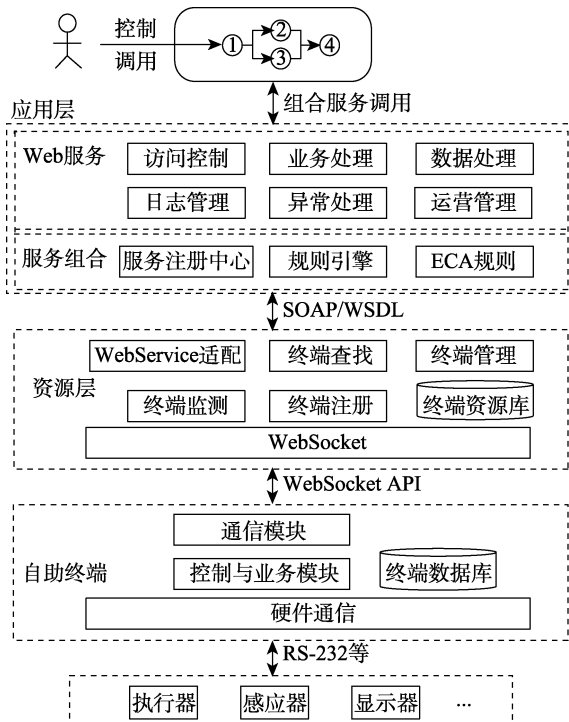


图 2 基于物联网架构的自助终端系统架构

该自助终端物联网架构由 Web 服务层、服务组合层、资源层和自助服务终端组成,如图 2 所示。其中,资源层是基于 3-Tiers 物联网框架设计,选用 ECA 规则来实现基于标准 SOAP 的服务组合,并且为了屏蔽不同终端的网络异构,采用的 WebSocket 通讯技术^[15],实现更高实时性的同时降低连接时的通讯成本。各层的功能如下:

自助终端。自助终端包含 3 个组成部分:通信模块、控制与业务模块和本地数据库。控制与业务模块是自助终端的核心控制部件,主要负责操作执行器、感应器、显示器等终端设备,实现收集数据和命令执行等具体功能业务;通信模块采用 WebSocket 通信协议,它的主要职责是负责终端与资源层的传输数据;本地数据库用于保存终端自身的设备编号以及一些运行时数据。

资源层。该层是在 3-Tiers 架构的基础上进行改进,用于实现自助终端与应用层连接的一个中间层。它的主要任务是实现终端注册、管理、配置和通讯等功能,其中最重要的功能是实现 WebService 适配器,将资源层中自助终端的服务封装成一个符合 SOAP 标准的 Web 服务,开放给服务组合层。其中每一个 SOAP 接口都由一个 WSDL 文档进行描述,保证接口的标准化和通用性。

服务组合层。组合服务是支配了多个自助终端功能的服务。服务组合层的作用是通过 ECA 规则和规则引擎对 Web 服务的有序调用,从而实现组合服务的目的。此处的 Web 服务由服务管理模块存储在服务库中,它可以是外部满足 SOAP 接口的服务,也可以是系统内部的程序方法。

Web 服务层。该层采用 Web 服务器实现,它的主要任务是实现业务功能,并创建一个符合 W3C 标准的网页前端,为用户和运营商控制自助服务终端提供操作界面。因此它有两个主模块:面向用户的模块和运营管理模块。Web 服务层面对服务组合层和资源层的主要功能是接收不同服务返回的实时状态数据,同时对不同终端进行控制,并且把这些数据和控制方式提供给网页前端,实现了不同应用与终端之间的灵活组网。该层主要的细分模块如下:

(1) 业务处理模块。负责整个平台的业务功能实现,包括为用户提供网页服务、业务操作等,以后台服务器配合前端语言如 JSP、Javascript 等实现业务操作和网页的动态显示;

(2) 数据处理模块。负责整个系统平台的数据处理,主要是一些内部功能,包括了将接收到的数据进行存储转发、根据具体应用对数据进行计算、调取数据库

中的数据后提供给业务使用或前端显示等;

(3) 访问控制模块。对系统的用户访问进行控制,根据具体业务,创建不同角色,然后分别控制每个角色的访问权限,从而实现对系统安全的管理;

(4) 运营管理模块。提供了设备注册、管理、运维和更新控制等功能,其中业务组合规则的控制是核心功能,通过对 ECA 规则组合的修改,完成对组合业务的动态调整,从而实现不必重启系统就可以完成服务的组合编排的功能;

(5) 日志管理模块。提供了对系统平台故障的记录以及用户访问的记录,为系统错误修复提供了保障。

3 自助打印终端运行系统实现

在线打印是一个新型的自助服务形态,它以手机为操作面板,将打印的服务自助化、在线化,代表自助服务终端未来的发展方向。本文以在线自助打印系统为例介绍终端运行系统的具体实现,并测试系统特性。

基于物联网的在线打印终端系统如图 3 所示。

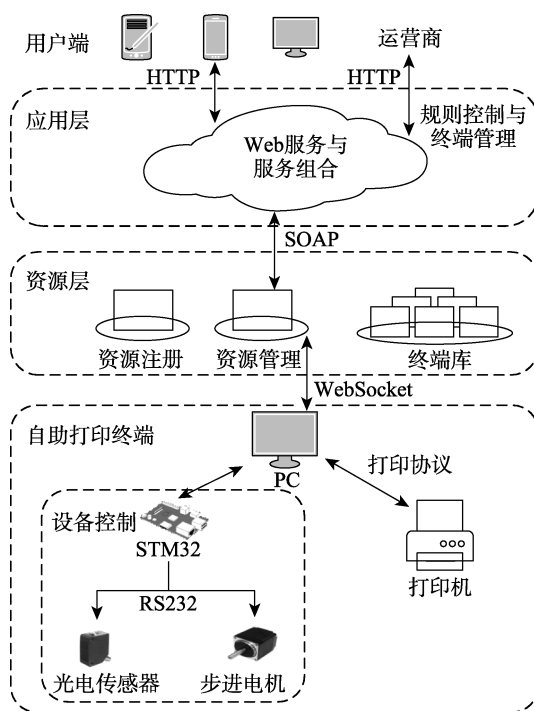


图 3 基于物联网的在线打印终端系统示意图

具体的自助打印流程如下:用户通过网页实时查看打印终端的状态,并选定目标打印终端下发打印任务,然后应用层对用户提交的数据进行处理,在处理完毕之后通过 Web 服务的 WSDL 模板生成标准 SOAP 调用消息,调用资源层中的终端打印服务;随后,资源层通过 WebSocket 协议,向打印终端下发打印任务;最后,打

印终端启动打印机进行目标图片的打印。在整个过程中,设备控制层对打印的每个状态进行数据采集,然后将这些数据反馈给用户,用户便可以实时了解整个打印过程,并且在打印完毕后收到打印成功的反馈。

3.1 应用层

(1) Web 服务器

云服务器采用 SSH (Spring+Struts2+Hibernate) 架构设计,它是一个有着强大网页功能的高效 Web 开发框架。采用 MVC 设计模式,其中 Struts2 实现表现层, Spring 整合业务层, Hibernate 实现数据层。前端主要采用 JSP+CSS+Javascript 语言实现,服务器后端主要采用 JAVA 语言编写。选用 SSH 架构一方面是因为它的结构清晰,每一层实现一种功能,这样有助于发挥每层的功能特点;另一方面,该架构降低了层与层之间的强连接关系,修改某一层的业务不会影响到其他层。提高了平台的灵活性、稳定性和易维护性。

(2) 服务管理

服务管理的作用主要是将资源层封装的 Web 服务注册到服务注册表中,服务注册表的对象包括服务名、操作名、服务地址、输入参数 (XML) 和输出参数 (XML)。其中通过服务名和操作名可以实现服务的检索;服务地址在系统调用服务时使用,此处的服务地址可以是系统外部服务 (即 URL),也可以是系统内部的服务地址;输入输出消息通过 XML 描述调用服务时的输入和输出参数格式,以 XML 格式保存在服务注册表中。

ECA 规则表是存储了 ECA 规则的数据表,储存的格式为一个组合服务名对应一个 ECA 规则内容 (XML),其作用是方便规则引擎检索和调用。一条 ECA 规则 (XML) 包含了若干个服务,ECA 规则表与服务注册表的联系通过规则引擎实现。复杂 ECA 规则的服务调用需要强有力的规则引擎^[16-17]。本文仅实现自助打印终端的基本组合,不涉及复杂的组合形式。

3.2 资源层

资源层的主要任务是完成数据表的创建,并实现终端查找、终端管理、终端注册、Web Service 适配器和数据通讯等功能。其中 Web Service 适配器是实现资源层与服务管理层相互连接的重要一环。

本文采用 JAX-WS 2.0 框架发布 Web Service, JAX-WS 框架属于 Sun 发布的轻量级 Web Service 框架。在使用 JAX-WS 开发过程中,一个采用 java 语言调用 JAX-WS 框架实现基本 Web Service 的代码如下所示:

```
@WebService
```

```
@SOAPBinding(style= SOAPBinding.Style.RPC)
```

```
public interface IPrintService {
```

```
@WebMethod
```

```
@WebResult(name = "printRes")
```

```
Int print(@WebParam(name = "deviceID")
```

```
String deviceID,@WebParam(name = "picUrl") String
```

```
pic-Url,@WebParam(name = "userName") String user-
```

```
Name);
```

```
}
```

该 WebService 封装了一个打印服务,其中 deviceID 是打印终端编号, picUrl 是打印的图片 URL 地址, userName 是用户的名字,返回值 printRes 是打印结果。在创建用于实现该服务接口的实现类 PrintImpl 之后,就可以发布该 WebService,发布 WebService 的代码如下:

```
Endpoint.publish("http://URL/service/print", new PrintImpl());
```

该打印服务发布之后,可以在任意服务器上实现服务的 WSDL 文档读取和基于 SOAP 标准的 Web 服务调用。本文采用动态调用的方式实现远程服务调用,其实现方法如下所示:

```
String Endpoint = "http://URL/service/print?wsdl";
```

```
JaxWsDynamicClientFactory dcf = JaxWsDynamicClientFactory.newInstance();
```

```
org.apache.cxf.endpoint.Client client = dcf.createClient(Endpoint);
```

```
Object[] obj=client.invoke("print",deviceID,pic-Url,userName);
```

```
String result = obj[0].toString();
```

资源层中,对在线自助打印终端的主要控制操作有:实时获取打印终端状态、控制终端打印、修改终端配置。

上述 3 个终端服务的封装类接口如表 1 所示。

表 1 终端服务封装接口

服务类封装接口	接口功能
IDeviceService	获取打印终端信息
IPrintService	实现打印业务
ICtrlDevice	打印终端控制

笔者通过上述的 Web Service 适配器,将表 1 中所示的 3 个服务进行封装和发布,即可实现服务组合层基于 SOAP 标准的服务访问。

3.3 打印终端

打印终端共有两个组成部分:上位机和硬件控制层。其中一体式 PC 作为成熟的工业设备,有着强大的功能和可靠的性能,故本文选用 PC 作为打印终端的上位机。打印机选用 EPSON 的 R330 型多功能打印机,该型号打印机提供多种打印尺寸选择,可以满足不同尺寸打印需求。

(1) 上位机

上位机主要是实现与服务器端的通信、解析控制协议、上传自助服务终端状态、与打印机建立打印连接并下发打印、获取硬件控制层采集的数据并返回给云端等功能。

上位机软件的业务流程图如图 4 所示。

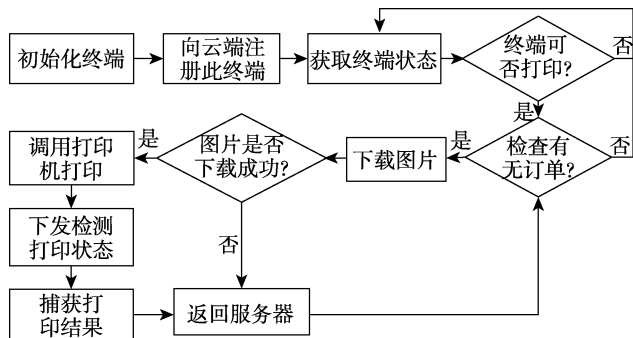


图 4 控制与业务模块业务流程图

该软件采用 JAVA 语言编写，网络通信选用 WebSocket 协议，基于该协议可实现服务器的主动远程控制、终端实时反馈等综合应用。其中，上位机与硬件通信通过基于 RS-232 的串口实现。

(2) 硬件控制层

硬件控制层采用模块化设计，具体分为控制模块、传感器模块、执行器模块和通信模块。控制模块中的控制芯片选用 STM32F103RG 单片机。传感器模块由拨杆传感器与光电传感器组成，其中光电传感器用于检测下纸机构和打印机纸槽中是否有纸，拨杆传感器用于检测打印机是否打印成功并且出纸。传感器模块可以视为打印机的周围系统，用于实现终端状态信息的获取。用于下纸的步进电机为执行器模块，它的主要功能是通过电机带动滚轮将下纸机构中的纸推送到打印机纸槽，实现打印机加纸的自动化操作。通信模块主要是采用 RS-232 芯片，使 STM32 中封装好的数据字符转换为连续的串行数据流发送到上位机。

4 实验及结果分析

为了验证本文提出的终端运行平台的性能和实现打印组合服务的可行性，本文搭建了实验终端，如图 5 所示。

系统云服务器配置为 Intel 双核，内存 8 GB，操作系统为 Windows Server 2008 R2 企业版 64 位中文版，网络带宽为 5 Mbps。打印终端中的 PC 配置为 Intel 双核，内存为 4 GB。服务器测试采用 Apache JMeter 测试工具^[18]。



图 5 实验终端

实验过程中，在服务器测试时，通过 JMeter 中的 WebSocket Sampler 以 Ultimate Thread Group 模式控制不同数量的进程发向服务器发送连接请求。进程的变化从零开始，慢慢增加到 1 000 个进程，然后保持 60 s，最后逐渐关闭所有进程。

通过 JMeter 采集的服务器 WebSocket 响应时间曲线如图 6 所示。

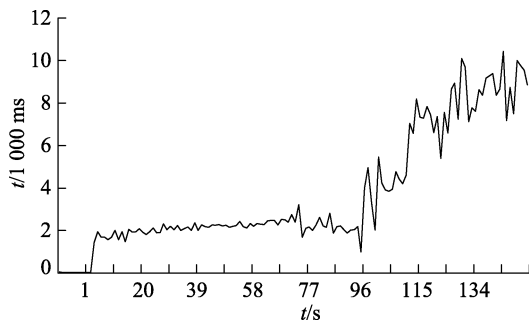


图 6 终端响应时间曲线图

两台打印终端通过顺序组合进行联合打印的终端状态与时间关系图如图 7 所示。

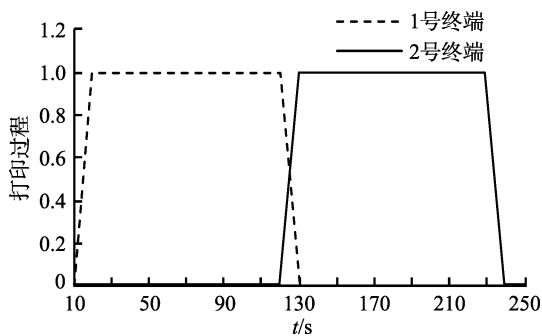


图 7 两台终端服务组合时间关系

0 到 1—终端开始下载图片，准备打印；1—终端打印机正在打印；1 到 0—打印完毕，前端显示打印结果

图 6 中的曲线为 WebSocket 通信响应时间曲线。从采集曲线可以看出，WebSocket 通讯在创建和保持连接的时候，基本处于稳定状态，而当连接关闭时会有较大的延迟时间波动。图 7 显示了服务组合与时间的关系，由图可知，1 号终端打印在第 120 s 打印完毕，同时 2

号终端在开始下载图片并随后进行打印。由此可见,系统对于两台终端服务调用时间基本满足自助终端组合服务的需求,实现了系统对终端服务进行组合的目的。图 6 和图 7 验证了本文提出的自助终端系统在终端连接时具有较强的稳定性,和实现终端的自由组合服务的可行性,但系统中 WebSocket 通断问题是影响系统大规模应用的主要瓶颈。

5 结束语

对自助终端服务进行研究的基础上,笔者分析了 3-Tiers 物联网架构与 SOA 技术,提出了一种基于 3-Tiers 架构的自助服务终端运行系统,设计并实现了基于该架构的自助打印终端运行系统实例;接着,对系统中服务端的性能与终端服务组合功能进行了实验测试。实验结果表明:该系统可实现自助终端的组合服务,且在终端连接时,具有较强的稳定性,为以后的研究提供了参考依据。

下一阶段的研究将通过完善通讯模块提高终端与服务器连接的稳定性。优化规则引擎进一步提高自助终端运行系统性能和对服务组合的多样化支持。此外,由于自助终端具有网络异构性,对不同种类的大量终端组网情况,需要考虑系统的安全性和隐私问题,在今后的研究中,将进一步研究数据加密技术,增强系统的安全性。

参考文献(References):

- [1] 钟院根. 基于物联网的移动电子自动售货公共服务平台的设计[D]. 长沙: 中南大学软件学院, 2010.
- [2] 吴振宇. 基于 Web 的物联网应用体系架构和关键技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学计算机学院, 2013.
- [3] 黄玉兰. 物联网标准体系构建与技术实现策略的探究[J]. 电信科学, 2012, 28(4): 129-134.
- [4] 陈海明, 崔 莉. 面向服务的物联网软件体系结构设计及模型检测[J]. 计算机学报, 2016, 39(5): 853-871.
- [5] MIORANDI D, SICARI S, PELLEGRINI F D, et al. Internet of things: vision, applications and research challenges[J]. *Ad Hoc Networks*, 2012, 10(7): 1497-1516.
- [6] KORTUEM G, KAWSAR F, SUNDRAMOORTHY V, et al. Smart objects as building blocks for the internet of things[J]. *Internet Computing IEEE*, 2010, 14(1): 44-51.
- [7] LA H J, KIM S D. A service-based approach to designing cyber physical systems[C]. *IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, Yamagata: IEEE, 2010.
- [8] YANG W D, ZHOU Y, LI N, et al. Constructing dynamic 3-Tiers application framework by Spring.NET[J]. *Computer Era*, 2009(9): 20-23.
- [9] 王 敏, 武 阳, 王 宁, 等. 基于物联网架构的智能照明系统的设计与实现[J]. 电工技术学报, 2015, 30(S1): 110-114.
- [10] 陈玲姿. 基于 SOA 的物联网中间件研究[D]. 长沙: 湖南大学信息科学与工程学院, 2012.
- [11] 杨 斌, 张卫冬, 张利欣, 等. 基于 SOA 的物联网应用基础框架[J]. 计算机工程, 2010, 36(17): 95-97.
- [12] 钱志鸿, 王义君. 物联网技术与应用研究[J]. 电子学报, 2012, 40(5): 1023-1029.
- [13] 王 元, 张金江, 郭创新. 基于 SOAP/REST 混合式 SOA 的输变电设备信息集成平台[J]. 机电工程, 2014, 31(4): 501-506.
- [14] 姜行威. 基于 ECA 规则的服务组合模型[D]. 武汉: 华中科技大学电子信息与通信学院, 2014.
- [15] 薛陇彬, 刘钊远. 基于 WebSocket 的网络实时通信[J]. 计算机与数字工程, 2014, 42(3): 478-481.
- [16] FROMMGEN A, REHNER R, LEHN M, et al. Fossa: learning ECA rules for adaptive distributed systems[C]. *IEEE International Conference on Autonomic Computing*, Grenoble: IEEE, 2015.
- [17] BAE J, BAE H, KANG S H, et al. Automatic control of workflow processes using ECA rules[J]. *IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering*, 2004, 16(8): 1010-1023.
- [18] 江 新. 基于 JMeter 的 MSWeb 应用系统的性能测试研究[D]. 南京: 南京航空航天大学计算机科学与技术学院, 2011.

[编辑: 周昱晨]

本文引用格式:

金 诚, 占红武. 基于物联网架构的自助终端运行平台[J]. 机电工程, 2017, 34(10): 1214-1219.

JIN Cheng, ZHAN Hong-wu. Self-service terminal running platform based on internet of things[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2017, 34(10): 1214-1219.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>