

物联网传感设备即插即用协议设计

姚高雪¹, 李士宁¹, 左雪雯²

1. 西北工业大学 计算机学院, 西安 710129

E-mail: yaogaoxue@mail.nwpu.edu.cn

2. 同济大学 电子与工程学院, 上海 201804

摘要: 由于物联网设备具有资源受限的特点, 无法支持TCP/IP层的网络通信协议, 为了使其无缝的、透明的提供服务资源, 便于用户了解和使用, 本文定义了物联网设备“即插”入边界网关的通信流程、协议包格式。由能力较强的网关将整合的资源信息及访问方式报至平台, 并且网关在接受了用户的请求后, 根据“即用”规则向设备请求资源。此外, 本文实现了传感设备即插即用协议架构, 网关使用XML描述整合的服务资源、并将文件解析展现。

关键词: 物联网, 传感设备, 即插即用协议

The Design of Protocol for Sensor Device Plug and Play of Internet of Thing

YAO Gao Xue¹, LI Shi Ning¹, ZUO Xue Wen²

1. School of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129

E-mail: yaogaoxue@mail.nwpu.edu.cn

2. School of Electronic and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804

Abstract: Since the device has the characteristic of power-limited and can't operated on top of a TCP/IP, in order to let them supply their service resources seamless and transparently, and to let users easily to take advantage of resources in Internet of Thing, we define the communicate flow and packet format for the sensor device "Plug" to gateway system. The gateway is set in the edge of WSN, and sends the resource description documents to platform. Users can request some resource when they want to "Play". Furthermore, we implement the architecture of the Plug and Play protocol for Internet of Thing's sensor device, and show the XML document which is integrated by gateway.

Key Words: Internet of Thing, Sensor Device, Plug and Play Protocol

1 介绍

随着物联网流行性的扩大和开发新型应用需求的提高, 面向资源的体系结构增强了设计物联网应用的灵活性。它提供了标准的包格式、统一的数据交互流程和资源描述方式, 并整合资源以服务提供的方式体现, 便于用户查找信息以满足应用开发的需要。现有的web服务技术针对已有的互联网协议实现, 但对于能量有限的物联网, 该技术仍旧无法支持。

物联网传感设备即插即用协议^[1]实现将设备的能力以资源的形式无缝地加入已有的网络。即, 一个合法的物联网网络设备接入网络之后, 用户在能够使用此网络所提供的服务资源之前, 首先清楚地了解这个网络所具有的资源以及这些服务资源的访问方式。该技术解决合法设备的识别及其所提供的服务资源的发现, 并规范、通告资源的访问接口。

通用即插即用论坛提出了UPnP^{[3][12]}(通用即插即用)标准, 主要应用在家庭网络中。该标准的目标是使家庭网络和公司网络中的各种设备能够相互无缝连接, 并简化相关网络的实现。但是, 其基于TCP/IP协议的通信方式, 面向Web Service的访问方式, 对于仅有MAC层和物理层的物联网传感设备无法使用。使用UPnP的设备^[5], 也必须具备强大的计算能力以及足够的存储空间, 然而传感器节点具有资源受限、MCU能力低, 且能量有限等特点, 因此无法支持UPnP。

针对物联网环境^{[2][7]}受限的特点, 本文采用物联网边界放置处理能力较高、存储较大、可供电的网关设备, 由其收集、处理所有物联网设备的告知信息, 并生成资源描述文件, 使用户了解网络能力, 实现服务提供, 用户能够使用统一的访问接口获取数据。

本文组织如下, 第二部分介绍了即插即用的相关技术, 第三部分详细描述了物联网设备与边界网关通信流程, 定义了交互信息格式, 网关获取消息包的处理流程及机制, 以及网关生成上层资源描述文件元素的定义, 最后举例列举传感设备可以提供的服务类

* 此项工作得到国家科技重大专项资助, 课题编号: 2012ZX03005007

2 相关技术

即插即用最初的设计是为了使用户发现由固定基础的网络提供的各种服务，以及当一个移动网络用户访问一个异性基础结构的网络时，自动的发现服务并完成配置的功能。当前，存在着很多工业联盟和组织为各自的协议进行标准化，目前已形成标准或规范的服务发现解决方案主要有：IETF的服务定位协议SLP、SUN的JINI^[6]、微软的Universal Plug and Play和IBM的Salutation。

Microsoft提出了通用即插即用协议（Universal Plug and Play, UPnP），该协议是其领导的UPnP^[12]论坛所定义的。通用即插即用协议规定了设备发现和服务发现的体系结构。其中的简单服务发现协议SSDP^[7]采用XML模板描述设备和服务，表达的类型比较丰富。其中，SSDP中主要有三类实体：设备、服务和控制点^[9]。

Jini^[6]是SUN在Java基础上建立的面向对象分布式计算技术。在Jini中，硬件设备和程序都用服务来表示。而服务实际上就是Java对象，其功能通过接口表示。由于服务的发现与访问完全通过Java实现，且其通信机制也是建立在RMI(远程方法调用)的基础上，因此，Jini的运行完全依靠Java环境。

综合来看，上述的协议都不适用于无IP层、且能力受限的物联网设备使用，因此，本文针对物联网及其设备的特点，设计了物联网传感设备即插即用协议。它能够灵活的整合物联网设备资源信息、生成规格化的资源描述文件。网关可以与设备自动交互，同时支持用户对资源的灵活访问。

3 设备即插即用架构流程

针对物联网传感设备资源受限、无法支持TCP/IP协议等特点，为了实现设备透明的接入网络，本章设计了即插即用的协议架构，通信流程，以及协议包格式。

用户仅关心其所见网络所具有的服务能力，通过物联网代理设备获取网络的资源描述信息，即由网关提供网络的抽象描述，便于用户使用服务资源。物联网设备作为一种资源提供给感兴趣的用户使用，网关负责控制物联网中的资源、包括服务资源的创建、发现以及调用。

该架构总体分为两个模块，如图1所示。网关将从物联网传感设备获取到的语义抽象信息转化、生成成为物联网设备提供服务资源的接口。网关管理成百上千个传感器、执行者、连接设备。这些物联网设备可以按照不同类型分类，包括资源受限、资源非受限。

该架构从不同的设备处获取资源的描述信息，以服务资源的形式供不同的新应用开发，用户使用。

同时，网关也为应用提供web接口，其管理一个网络中所有物联网设备以及基础服务资源的目录，并且以一个委托者的身份，在服务资源的请求者与物联网设备之间处理信息。

整体的架构流程由服务资源通告、服务请求与响应组成。通过定义标准化的资源描述格式，使得整个网络的资源以统一的形式描述，服务资源列表仅提示一个示例，可以根据不同的需要对其进行扩展。服务资源通告作为物联网设备即插即用协议的第一步，将设备具有的能力以资源的形式上报给网关，发布给资源平台，用户访问平台获取资源列表后，可以通过服务的请求与响应控制资源。

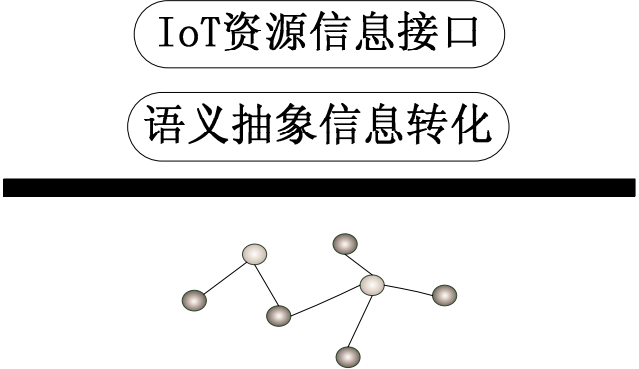


图 1: 网关抽象模块

3.1 服务资源通告

当物联网设备启动并加入网络后，通过自组网建立网络环境，发送广播消息，该消息由接入网关的根节点接收。网关对设备所在网络提供的服务进行抽象封装，通告资源给平台。服务资源通告流程中消息包含对终端设备所能提供服务资源的描述信息，比如，设备编码、服务资源类型、动作类型、状态变量等。

设备通过顺序通告下列抽象描述资源信息的信息包^[9]，上报自身能力：

设备发现消息包（包格式见图2），其中包含协议版本字段，表明使用的即插即用协议版本号，包类型字段占4个bit，表明当前包所指对象，设备编码即为当前设备的唯一标示。宿主地址为设备数据的存储地址，服务资源长度表明该设备所提供的服务资源的个数，后续包中每个字节填写一个服务编码，因此其服务的个数扩展性较好，可以填充255个服务值。

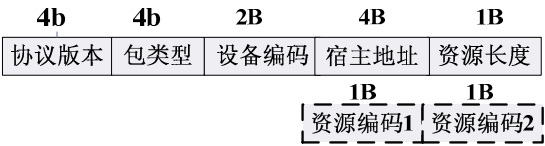


图 2:设备发现消息包

服务资源定义消息包包格式见图3所示，其中的动作个数与状态变量个数即对当前设备的能力概述，即其可提供多少个操作，以及对服务资源状态可用的描述变量个数。

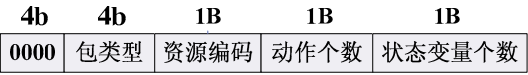


图 3:服务资源定义消息包

动作定义消息包见图 4，其描述的动作所属的资源编码以及该动作自身的编码，参数变量个数定义了后续包的字段长度，每个变量由以下字段描述，即相关状态变量、输入输出类型以及是否具有返回值。根据参数个数，可添加后续内容。

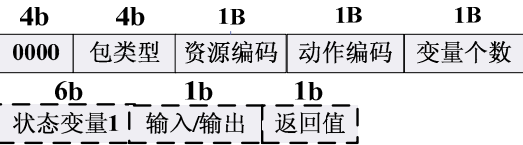


图 4: 动作定义消息包

状态变量定义消息包（包格式见图5），其事件驱动字段表明该字段是否具有支持事件驱动的能力，即在其状态变更后，设备主动向网关报告其状态变更内容。

数据类型限定了后续字段的默认长度，默认值标记，范围值标记，步进值标记以及可取值标记，是对状态变量的描述，规范了其默认数值，数据的变化范围以及可取值得列表。若这些字段表明有限制，则后续包即可填写限制数值。

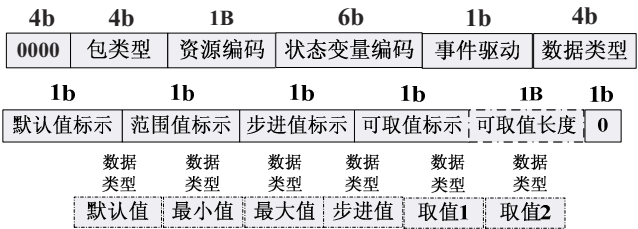


图 5: 状态变量定义消息包

根据描述设备状态的状态变量的个数以及操作的个数，动作定义消息包和状态变量定义消息包均需根据具体情况确定发送包的个数。

物联网设备通告一系列抽象的数据包给网关，当用户要了解有哪些资源时，需要通过网关对信息进行整合、封装后，将资源描述以用户易懂的方式提交给用户访问的资源平台，用户通过HTTP访问获取资源的访问方式，并请求资源数据。

网关作为物联网资源代理，其中主要包含消息解析模块、描述生成模块。网关获取包格式后，由描述生成模块从消息解析模块接收数据，转换成平台识别的XML资源描述格式，其示意图如图6所示。

网关首先要维护一些资源表格，包括设备表格、资源描述表格、动作描述表格、以及状态变量描述表

格等。在获取消息包后，首先学习网络中设备提供服务与编码的映射关系，由消息解析模块对消息处理，维护更新表格，再由描述生成模块生成资源描述信息。

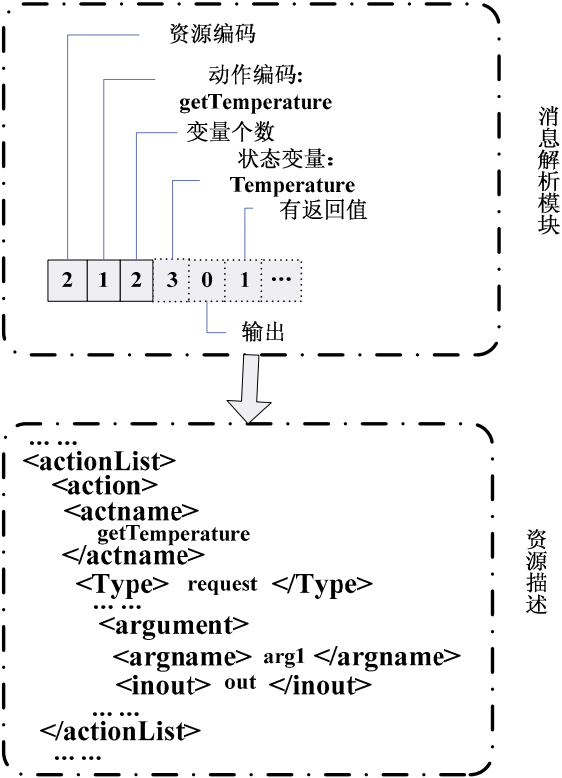


图 6:资源描述生成

3.2 服务请求与响应

当用户请求服务时，网关的服务控制模块通过管理用户请求队列，解析请求并根据即插即用协议定义的请求响应数据格式，转换成响应的解析包^[11] 发送给传感网资源宿主。

根据请求类型将这种机制类型分为应答方式与事件驱动方式。用户请求具体服务资源的动作编码，物联网传感设备应答请求动作所对应的数值，下面定义了动作请求包与响应包格式，如图7所示。

请求与应答使用同一种格式，请求包填写输入参数的具体值，响应填写输出参数。有些特殊的服务不需要输入输出数据，则将长度置为0，设备通过动作编码，直接对自身操作，比如关闭节点，开启睡眠等。



图 7: 请求应答消息包

事件驱动方式中，用户根据网关提供的各种资源的状态描述，定义或订阅其感兴趣的某状态，网关控制其所管辖的资源。当设备的状态发生改变时，主动



图 8:事件驱动消息包

用户通过使用HTTP协议，向网关发送获取命令，考虑到用户数量的不确定性、请求信息数量以及请求时间的随机性等情况，队列控制模块管理定时器，控制请求队列消息，在时限范围内，如果获取了从物联网传感设备得到的对应信息，则应答用户，如果超时，返回错误信息，并由用户决定是否重新发送请求消息。网关服务资源请求应答工作架构如图 9 所示：

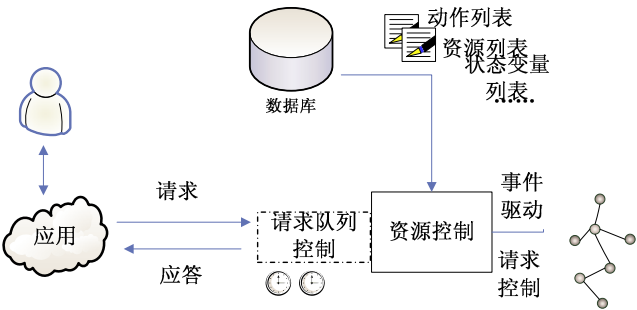


图 9: 请求控制流程图

3.3 资源描述

网络的资源描述^[4]分为两部分，1) 为网关的设备描述信息，其中包括网关的基本信息介绍，所使用的协议版本号，面向的网络类型，以及所提供的服务列表；2) 为具体的服务描述，针对第一部分所有的服务资源列表，对每种服务进行详细描述。

表 1. 网关设备描述 XML 元素

元素	描述
UN	网关标识
manufacturer	提供生产商信息
modelname	网关名称
deviceType	所管理网络的类型
resourceList	资源列表，其中包含编码以及名称

表1为设备描述信息的元素，网关根据设备所上报信息，形成XML^{[13][14]}文档描述其自身的设备信息以及能提供的服务资源信息。服务资源信息的元素如表2所示：

表 2. 服务资源描述 XML 元素

元素	描述
actionList	服务资源提供的动作列表，其中包含以下元素：action,

	actname, type, argumentList, argument, argname, in/out, relatedVaribale 等元素，描述动作的相关输入输出变量。
resourceStateTable	服务资源的状态变量列表，描述了每个变量的具体信息，比如数据类型，名称，步进值，默认值以及范围。

3.4 设备资源介绍

网关所管理的物联网设备资源列表示例由表 3 所示。用户使用服务资源对网络设备进行控制，并获取其采集的数据。

表 3. 物联网设备管理服务

服务列表	描述信息
Primary Service	获取网络的基本信息（比如：设备的数量以及拓扑结构等）
Energy Service	能量是嵌入式设备的重要参考因素（比如改变节点状态，睡眠、关闭等）
Sensor Data Service	该服务资源可以对设备所带传感器采集的数据进行查看，监测等。（比如，获取温度、光照、湿度）
Time Synchronization Service	时钟同步是传感网应用的一个重要特征，用户通过使用该服务，控制传感网设备同步时间。

4 协议验证

图10为整体协议的架构图，按功能划分，系统的软件分为4类：网关管理软件、接入网关节点软件、物联网设备软件、平台管理软件。

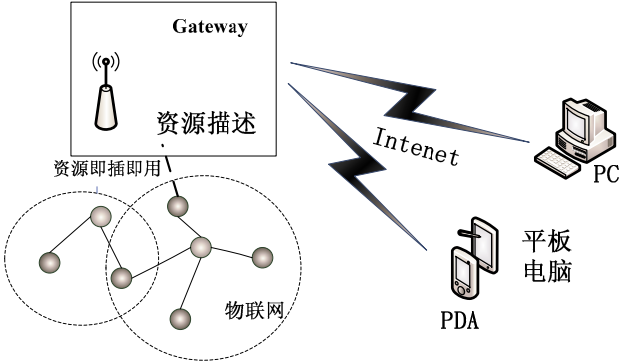


图 10 :即插即用整体架构

网关管理采用Linux操作系统控制和管理各种资源，在这里运行系统的主程序。Linux作为自由免费软件的代表，是源代码开放的，不存在黑箱技术。Linux内核可定制，性能稳定，移植性好。因此，网关的开发，免费的Linux具有很大的优势。

物联网设备软件,即传感器网络感知节点软件,使用专为嵌入式无线传感网络设计的操作系统TinyOS,其采用轻量级线程和两级调度的方式,基于事件驱动的主动消息机制,组件化的模型设计思想,有效降低了能耗,提高了并行计算能力,减化了应用开发。

接入网关节点软件,该节点通过USB与网关直接相连,不携带传感器,其功能和普通节点不同。其MCU为Atmega128RFA1,除了具备构建自组织网络和参数存储功能外,还有数据缓存与转发、命令解析与下发,数据通信和中转的功能。

平台管理软件,可以支持在PC或手持终端上开发的应用,管理从网关接收到的XML文件,生成资源列表,提供各种层级的应用。

本文在自主研制的NPUMote平台上实现了即插即用协议的验证,通过节点报告消息包,将消息告知给带有汇聚节点的PC端,进行串口数据监听,将收集到的消息包进行XML文件生成,最终,将获取到的包转换成XML资源描述信息,并以图形的方式显示出来,效果见图11所示。与以往的架构相比,新架构的处理方式使得物联网设备以资源的方式在网络中共享,拓展了应用的开发范围,兼容了以往的应用开发模式。



图 11: XML文件解析显示

5 结束语

网络发展的最终目的是更好地向用户提供他们所需的各种业务。目前,物联网的拓展受限于网络能力、终端能力、业务开发模式等多种因素,这使得物联网网络业务开发需要综合考虑开发模式、终端和网络等各方面的因素,以满足发展的需求。

即插即用主要解决合法设备的识别及其所提供的服务资源的发现和规范、收集与通告资源的具体访问接口。其中设备的“即插”即通过标准化规格化资源的描述,设计设备与网关之间的服务资源通告,实

现资源描述的发布,而“即用”即将合法资源发布后,用户使用其提供的规范接口,对兴趣资源进行请求、访问。

本文分析了目前已有的即插即用相关机制,总结了其优点,并对其不足探索了新的解决办法。针对物联网传感设备自身的特性,设计了一套使资源受限设备透明接入网络的协议。本文定义了其通信流程以及协议包格式,同时规范了资源描述元素,并划分了软件架构的功能。

参考文献

- [1] 周晓,蒋序平,陈鸣.网络即插即用及其体系结构.解放军理工大学学报,3(2):1-5,2002.
- [2] 周晓,沈振宇,陈鸣.服务发现机制的比较与分析.计算机工程与科学,25(2):56-60,2003
- [3] Universal Plug and Play Device Architecture Reference Specification Version 1.0, Microsoft Corporation, June 2000, <http://www.upnp.org>
- [4] E. Guttman, C. Perkins, and J. Kempf, Service Templates and Service: Schemes, RFC 2609, Internet Engineering Task Force, 1999, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2609.txt>.
- [5] H. Song, D. Kim, K. Lee, J. Sung, UPnP-based sensor network management architecture, Second International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking. 2005, (7):371-374
- [6] Jim Waldo, The Jini architecture for network-centric computing. *Communications of the ACM*, 1999, 42(7): 76-82
- [7] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 2010, 54(15):2787-2805.
- [8] TinyOS, “Tinyos operating system.” 2010. [Online]. Available:<http://www.tinyos.net/>
- [9] S. Konno, “Cyberlink for java.” 2010. [Online]. Available: <http://www.cybergarage.org/twiki/bin/view/Main/CyberLinkForJava>
- [10] Kaur, M. Bhatt, S. Schwiebert, L., Richard,G.G., An Efficient Protocol for Service Discovery in Wireless Sensor Networks. *IEEE GLOBECOM Workshops*, 2008:1-6
- [11] da Silva Campos,B., Nakamura, E.F. Figueiredo, C.M.S. Rodrigues, J.J.P.C., On the Design of UPnP Gateways for Service Discovery in Wireless Sensor Networks. *Computers and Communications (ISCC), 2011 IEEE Symposium on*, 2011:719-722
- [12] UPnP, “UPnP forum.” 2011. [Online] .Available: <http://www.upnp.org>
- [13] Nils Glombitza, Richard Mietz, Kay Römer, Stefan Fischer, Dennis Pfisterer, Self-Description and Protocol Conversion for a Web of Things, *2010 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, 2010:229-236
- [14] J. Newmarch, A RESTful approach:clean UPnP without SOAP, *Consumer Communications and Networking Conference*, 2005:pages 134-138