

一种面向服务的物联网中间件模型

谭云松^{1,2} 韩建军¹

(华中科技大学计算机科学与技术学院 武汉 430074)¹

(武汉工程大学计算机科学与工程学院 武汉 430073)²

摘要 描述了一种面向服务的物联网中间件模型,重点分析了物联网中间件结构的安全性和嵌入式设备的异构性,在该模型中定义了一组抽象的服务原语,以屏蔽设备的异构性和方便应用平台的协同工作。该模型所描述的中间件具有物联网中必不可少的特征如安全性、可扩展性、灵活性和协同工作的能力等。

关键词 物联网, P2P, 中间件, 安全, 嵌入式

Service-oriented Middleware Model for Internet of Things

TAN Yun-song^{1,2} HAN Jian-jun¹

(School of Computer Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)¹

(School of Computer Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, China)²

Abstract We introduced a service-oriented middleware model for the development of Internet of Things systems, which focus on embedded devices and security. We described the set of abstract primitives supported by the model that tries to ease the development of applications hiding platforms details and other aspects such as scalability, adaptability and interoperability which are mandatory features in Internet of Things.

Keywords Internet of things, P2P, Middleware, Security, Embedded

1 引言

物联网是在计算机互联网的基础上,利用射频识别(RFID)、无线数据通信、计算机等技术构造一个覆盖世界上万事万物的实物互联网(Internet of Things)^[1]。物联网内每个产品都有一个唯一的产品电子码(Electronic Product Code),叫做 EPC,通常 EPC 码被存入硅芯片做成的电子标签内,附在被标识产品上,被高层的信息处理软件识别、传递、查询,进而在互联网的基础上形成专为供应链企业服务的各种信息服务。接入物联网系统的设备本身受硬件计算能力和 I/O 读写速度等特点的限制,传统的 Client/Server(C/S)方式并不能在嵌入式系统上达到很好的性能。P2P(Peer-to-Peer)网络中每个节点的地位都是对等的,它的特点包括:非中心化、可扩展性好、鲁棒性强、性价比高、隐私保护和负载均衡等。与传统的分布式系统相比,P2P 技术具有无可比拟的优势,嵌入式 P2P 网络是通过无线连接的一些硬件规模较小、计算能力低的一些小型或微型设备。它的特点是连接的设备具有异构性、自治性。这样给设备之间的通信带来了很大的困难,所以在这些异构设备之间建立一个通用的服务平台,就形成了中间件这一特殊的结构。

物联网中间件在 EPC 应用和 RFID 读写器采集数据之间扮演着承上启下的角色。中间件包括的范围十分广泛,针对不同的应用需求涌现出多种各具特色的中间件产品,国外一些公司和研究团体如 Sun 公司、Microsoft 和 IBM 已经开

始了对物联网中间件的研究,如 Savant 是一个中间件,用来处理从一个或多个读写器发出的标签流或传感器数据(事件数据)。在多数 Savant 系统中,节点多为异地分布。系统采用典型的树型结构,节点包括了边界节点(Edge Savant)和内部节点(Internal Savant);^[2]但它存在的问题是:①互操作性和可扩展性差,各大厂商对 Savant 甚至 EPC Network 所提出的解决方案,均与自己已有的技术紧密耦合。这使得构建出的系统与外部世界缺乏交互能力,很难扩展。②安全性:由于任意一个标签的标识(ID)或识别码都能在远程被任意地扫描,且标签自动地、不加区别地回应阅读器的指令并将其所存储的信息传输给阅读器,要保证国家及企业的机密不被泄露还要确保标签物的拥有者个人隐私不受侵犯将成为物联网识别技术的关键问题。

本文的贡献在于提出了一种基于面向服务的物联网中间件模型。在该模型中定义了一组抽象的服务原语,以屏蔽接入物联网中各设备的异构性,提高互操作性。在模型中分层实现了网络安全模块、组安全模块和域安全模块,以保证通信的安全性。

2 物联网的体系结构

根据物联网规范,EPC 系统主要由 6 方面组成:EPC 编码体系、EPC 标签、识读器、EPC 信息服务软件(EPCIS)、对象名解析服务(ONS)、应用层事件(ALE)中间件。^[2]其结构如图 1 所示。

1) EPC 编码体系

它是新一代的与 GTIN 兼容的编码标准,它是全球统一标识系统的延伸和拓展,是全球统一标识系统的重要组成部分,是 EPC 系统的核心与关键。EPC 代码是由标头、厂商识别代码、对象分类代码、序列号等数据字段组成的一组数字。

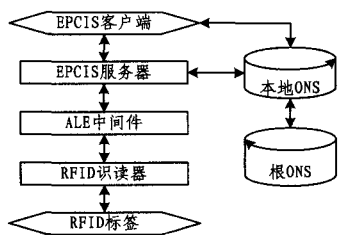


图1 物联网的核心结构

2) 阅读器模块

由图可以看出,在整个物联网系统当中,EPC 标签和 RFID 阅读器构成了整个物联网系统的数据采集模块,所有在物联网中传输的数据,包括用于企业间信息交互和共享的所有数据,都是通过最底层的数据采集模块,也就是 EPC 标签—阅读器模块来采集完成的。

3) 应用层事件(ALE)模块

ALE 层介于应用业务逻辑和原始标签读取层之间。它接收从数据源(一个或多个读写器)中发来的原始标签读取信息,而后按照时间间隔等条件累计(Accumulate)数据,将重复或不感兴趣的 EPC 剔除过滤(Filter),同时可以进行计数及组合等操作,最后将这些信息对应应用系统进行汇报。

4) 对象命名服务(ONS)模块

ONS 的作用是将一个 EPC 映射到一个或多个 URI,通过这些 URI 可以查找到在 EPCIS 服务器上关于此产品的其它详细信息。

5) EPCIS 信息服务模块

EPCIS 模块是物联网中的核心模块,在整个物联网的体系结构当中,不同于 ALE 和 RFID 阅读器,EPCIS 模块处于比较上层的位置,搭建于 ALE 和 RFID 阅读器管理等中间件的基础之上。EPCIS 内部定义了一系列的事件(EPCIS Event),这些事件对于构建一个标准的物联网系统起着至关重要的作用。其中事件和服务如下:

①对象事件(Object Event):物理意义上的阅读器读到标签的事件即为一个对象事件。

②聚合事件(Aggregation Event):若干个带有标签的物品被放入一个容器的事件被定义为聚合事件。

③统计事件(Counting Event):统计某种标签标识的物品的库存容量称作统件。

④交易事件(Transaction Event):存在这样一种情况,一次标签识别标识某种交易的发生,那么这一类事件被定义为交易事件。

⑤捕获服务:捕获底层的 ALE 事件,从而达到对标签的识别状况进行间接监听的目的。

⑥查询服务:对电子标签的查询状况进行实时响应,方便用户即时查询某个或者某一类电子标签的状态,从而了解到当前物品的状态。也能够查询订阅服务,包括标签种类、事件类型、订阅生效时间、订阅周期等,供用户订阅。

3 基于 EP2P 的中间件模型

物联网中间件起着承上启下的作用,如图 2 所示,它提供的程序接口定义了一个相对稳定的高层应用环境,不管底层的计算机硬件和系统软件怎样更新换代,只要将中间件升级更新,并保持中间件对外的接口定义不变,应用软件几乎不需任何修改,它必须能够满足大量应用的需要;运行于多种硬件和 OS 平台;支持分布计算,提供跨网络、硬件和 OS 平台的透明性的应用或服务的交互;支持标准的协议;支持标准的接口。由于中间件需要屏蔽分布环境中异构的操作系统和网络协议,它必须能够提供分布环境下的通讯服务和描述系统结构。我们定义了一组服务原语,以适应不同的实现平台。

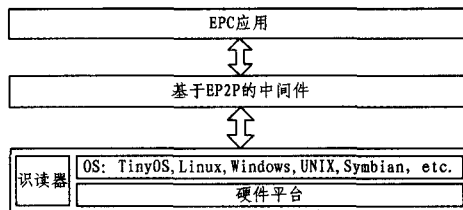


图2 基于 EP2P 的中间件在物联网中的位置

该模型主要研究 3 方面的问题,一是模型的体系结构,二是模型中组件的安全性,三是模型的灵活性,包括协作能力、自适应性和可扩展性。

3.1 体系结构

本模型的体系结构位于物联网架构的中间层,物联网最底层是各种接入物联网设备的运行环境,包括硬件设备、软件平台和接口。最上层是 EPC 应用层(EPC Application Layer)。而中间件模型位于物联网的中间,如图 3 所示,由各组件组成,包括一些通用的服务,如服务管理、组管理、消息管理、事件管理和网络管理等,同一组件可能有不同的实现,以适应不同的设备。中间件模型的第一层是中间件对外接口,第二层是一些通用服务,包括 P2P 网络管理、服务与事件管理、组通信管理和功能扩展管理等。第三层是包括适配层(如读写器接口)、底层的 P2P 网络连接。各功能描述如下。

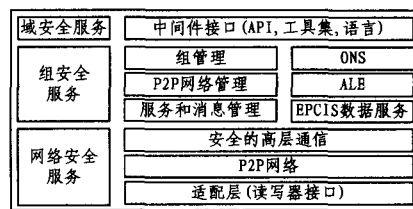


图3 基于 EP2P 的中间件体系结构

第一层为对外接口,包括一些访问中间件的 API,也提供一些工具和语言,方便应用程序的开发。

第二层为各个功能模块,它的主要功能是:事务管理模块主要是和网络交互,用于发送和接收事件,生成新事件,以及发布和预订新事件;组管理模块在中间件内部负责处理组的事务,如节点和组的通信和认证,在对等节点需要进行协同工作的时候,所有与协调、协作和协商的工作全部由组构建的协作层完成。这就将协作层从 P2P 计算体系中剥离出来,使得对等节点之间的协作转化为组之间的协作,这就使得复杂的协作活动可以更灵活、更可靠、更顺利地完;服务和消息管理模块,负责节点之间的消息交换或服务之前的联系;功能

扩充模块,提供了一些工具用于扩展中间件的功能 P2P 网络管理模块,负责节点的加入与离开。网络结构的维护,实现了对等节点发现和注册、对等组织的建立和对等节点之间通信;EPCIS 信息服务模块、ONS 和 ALE 模块与图 1 描述的一样,如负责资源的管理模式、资源的描述、资源的注册、资源的集成、资源的可靠性管理、资源的管理策略、资源的查找、资源的发现等等。

第三层的功能有三个模块,它的功能分别是:安全高层通信模块负责上层协议的安全通信;安全拓扑管理模块负责新节点的认证和路由以及对等节点之间的身份认证和访问控制等安全行为;适配模块主要用于提供一些抽象的接口,包括读取器接口等。

3.2 P2P 协同工作

设备的异构性增加了协同工作的复杂性和困难性,如它们使用不同的通信协议和硬件设备。中间件通过提供抽象的服务原语来屏蔽掉这些设备的异构性以适应不同的应用环境协同工作,其原语定义如下^[3]:

newPeer()表示通过信任链是否允许新节点的加入。通过则分配给节点唯一标识符;createGroup()表示节点用指定的安全等级来创建一个节点组,创建成功后返回组的唯一标识符;joinGroup()表示节点通过 joinGroup 服务原语请求加入一个已创建的组,如调用成功,在其节点链表中增加新的节点;leaveGroup()表示节点退出标示为 groupId 的组;publish()表示节点在其组内发布其提供的服务。如果调用成功,则返回 groupId 和 peerServiceId;unpublish()用于节点解除在组内提供的服务,若成功,则由 serviceContract 删除其在组内的 peerServiceId;getServices()用于节点根据服务契约 serviceContract 取得 groupId 组 peerId 节点发布的服务;Receive()用于等待客户端调用相关的操作;Reply()用于响应 receive 操作;Subscribe()用于订阅组内的事件或服务;Unsubscribe()用于取消先前的 subscribe 操作;invoke()用于在组内调用一个对象。

P2P 协同工作事实上是由多个 Peer 构建的一个面向任务协作的一个 Group。这种设计表示对等节点在需要进行协同工作的时候,所有与协调、协作和协商的工作全部由 Group 构建的协作层完成。通过 Group 与 P2P 基础服务设施层的资源标识形成了对应关系,这实质是将目标集和协作 Group 集合形成了映射关系,即将目标(代表任务)投射到 Group 集合上,目标执行关系转移为对等节点之间的一种协作关系。协作的依据是根据本地的资源和策略。图 4 示出节点加入组的过程。

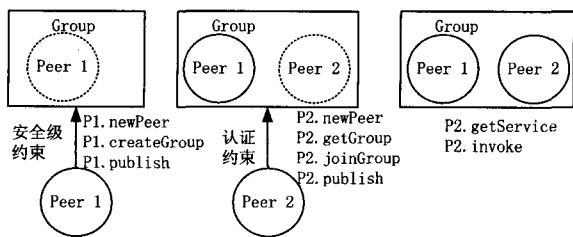


图 4 节点加入组的过程

3.3 安全性

物联网中的安全问题非常重要,由于中间件起着承上启下的作用,其安全性不言而喻。在本文中安全性贯穿整个模型各层中,分别实现了网络安全通信、组安全通信和域安全通信。这些安全模块有:网络安全服务模块负责提供密码服务,如提供加密、解密、数字签名等服务;基于组的安全服务模块负责节点与组之间的安全通信;域安全模块负责提供应用的安全 API,实施组间的安全通信^[4]。其中基于组的安全通信如图 5 所示。

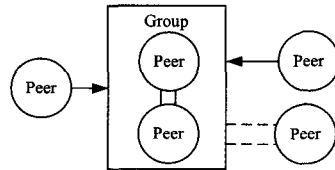


图 5 基于组的安全通信

当一个节点 Peer 试图加入一个组时,节点执行认证协议,加入成功,才能和组内成员进行安全通信,组负责管理组内安全通信机制,如生成一次会话密钥,管理会话密钥等,检查组内成员的不安全行为。

结束语 物联网中间件是连接标签读写器和企业应用程序的纽带,它能使异构设备相互通信,中间件必须利用底层通信提供上层的通用的 API,同时又要求中间件具有安全性、互操作性、异构性和可扩展性等特征。本文提出了一种面向服务的物联网中间件实现技术,该方法实现了一种安全中间件的方法,以分层实现安全策略,利用一组原语来屏蔽系统的异构性,提高了物联网中各异构设备协同工作的能力。

参考文献

- [1] 丁帅. 基于 NET 精简框架的移动 RFID 中间件研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2008
- [2] 肖慧彬. 物联网中企业信息交互中间件技术开发研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2009
- [3] Caro R, Garrido D, Plaza P, et al. SMEPP: A Secure Middleware For Embedded P2P. ICT Mobile Summit, 2009
- [4] Cabrera E, Caro R J, Diaz M, Serrano J. Proyecto SMEPP; Redes inalámbricas de sensores y sistemas "peer-to-peer" empotrados. Aplicación en la industria nuclear[C]//Proceedings of the 33rd Meeting of the Spanish Nuclear Society. SNE, 2007
- [5] Brogi A, Popescu R, Gutiérrez F, et al. A Service-Oriented Model for Embedded Peer-to-Peer Systems. Electron[J]. Notes Theor. Comput. Sci., 2008, 194(4)
- [6] Brogi A, Popescu R. Workflow Semantics of Peer and Service Behaviour[C]//2nd Int. Symp. on Theoretical Aspects of Software Engineering. 2008: 143-150
- [7] 宁焕生, 张瑜. 中国物联网信息服务系统研究[J]. 电子学报, 2006(12)
- [8] 徐小龙, 王汝传. 一种基于多移动 Agent 的对等计算动态协作模型[J]. 计算机学报, 2008(7)