

华晟经世ICT专业群系列教材

物联网云平台 设计与开发

林勇 农国才 郭炳宇 姜善永 主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

华晟经世ICT专业群系列教材

物联网云平台 设计与开发

林勇 农国才 郭炳宇 姜善永 主编



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

物联网云平台设计与开发 / 林勇等主编. — 北京 :
人民邮电出版社, 2019. 3
华晟经世ICT专业群系列教材
ISBN 978-7-115-50728-0

I. ①物… II. ①林… III. ①互联网络—应用—教材
②智能技术—应用—教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第013479号

内 容 提 要

本教材共6个项目,项目1为物联网云平台的初探,主要介绍了物联网的发展情况以及物联网整体架构的入门知识;项目2介绍了物联网云平台的需求分析和后台数据库的分析与设计;项目3和项目4重点介绍了物联网云平台的整体环境搭建以及基础模块功能的开发;项目5介绍的是物联网云平台下的海量设备数据存储的MongoDB以及项目如何整合MongoDB;项目6主要介绍了物联网云平台的重要使用协议(MQTT协议),以及如何通过集成MQTT协议实现设备与云端的实时通信。本教材具有较强实用性,教材内容以“学”和“导学”交织呈现,十分适合学习者使用。

本教材适合从事物联网产品设计与开发等项目的技术人员,企业及相关管理部门的管理者和建设者,行业协会人员以及高等院校计算机、电子信息类专业的学生阅读。

-
- ◆ 主 编 林 勇 农国才 郭炳宇 姜善永
责任编辑 贾朔荣
责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
固安县铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.5
字数: 444千字
 - 2019年3月第1版
2019年3月河北第1次印刷
-

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前言

当今以云计算、大数据、物联网为代表的新一代信息技术受到空前的关注，相关的职业教育急需升级自身技能以顺应和助推产业发展。从学校到企业，从企业到学校，华晟经世已经为中国职业教育产教融合这项事业奋斗了15年。从最早做通信技术的课程培训到如今以移动互联、物联网、云计算、大数据、人工智能等新兴专业为代表的ICT专业人才培养的全流程服务，我们深知课程是人才培养的依托，而教材则是呈现课程理念的基础。如何将行业最新的技术通过合理的逻辑设计和内容表达，呈现给学习者并达到理想的学习效果，是我们编写教材时一直追求的终极目标。

在教材的编写中，我们在内容上贯穿以“学习者”为中心的设计理念——教学方式以任务驱动，教材内容以“学”和“导学”交织呈现，项目引入以情景化的职业元素构成，学习足迹借助图谱得以可视化，学习效果通过最终的创新项目得以校验，具体特点如下。

教材内容的组织强调以学习行为为主线，构建了“学”与“导学”的内容逻辑。“学”是主体内容，包括项目描述、任务解决及项目总结；“导学”是引导学生自主学习、独立实践的部分，包括项目引入、交互窗口、思考练习、拓展训练及双创项目。

本教材以情景化、情景剧式的项目引入方式，模拟一个完整的项目团队，采用情景剧作为项目开篇，并融入职业元素，让内容更加接近于行业、企业和生产实际。项目引入更多的是还原工作场景，展示项目进程，嵌入岗位、行业认知，融入工作的方法和技巧，更多地传递一种解决问题的思路 and 理念。

项目篇以项目为核心载体，强调知识输入，经过任务的解决与训练，再到技能输出；采用“两点（知识点、技能点）”“两图（知识图谱、技能图谱）”的方式梳理知识、技能，项目开篇清晰地描绘出该项目所覆盖的和需要的知识点，项目最后总结出经过任务训练所能获得的技能图谱。

本书强调学生的动手和实操，以解决任务为驱动，做中学，学中做。任务驱动式的学习，可以让我们遵循一般的学习规律，由简到难、循环往复、融会贯通；加强实践、动手训练，使读者在实操中的学习更加直观和深刻。教材还融入最新的技术应用，结合真实的应用场景，解决现实性客户需求。

教材具有创新特色的双创项目设计。教材结尾设计双创项目与其他教材形成呼应，体现了项目的完整性、创新性和挑战性，既能培养学生面对困难勇于挑战的创业意识，

又能培养学生使用新技术解决问题的创新精神。

本教材共6个项目，项目1为物联网初探，主要介绍了物联网的发展情况以及物联网整体架构的入门；项目2介绍了物联网云平台的需求分析和后台数据库的分析与设计；项目3和项目4重点介绍了物联网云平台的整体环境搭建以及基础模块功能的开发；项目5介绍的是物联网云平台下的海量设备数据存储的 MongoDB 以及项目如何整合 MongoDB；项目6主要介绍物联网云平台的重要使用协议（MQTT 协议），以及如何通过集成 MQTT 协议实现设备与云端的实时通信。

本教材由林勇、农国才、郭炳宇、姜善永老师主编。主编除了参与编写，还负责拟定大纲和总纂。本教材执笔人依次是：项目1林勇，项目2农国才，项目3朱胜，项目4张静，项目5李文强，项目6范雪梅。初稿完结后，由郭炳宇、姜善永、王田甜、苏尚停、刘静、张瑞元、朱胜、李慧蕾、杨慧东、唐斌、何勇、李文强、范雪梅、冉芬、曹利洁、张静、蒋平新、赵艳慧、杨晓蕊、刘红申、黎正林、李想组成的编审委员会的相关成员进行审核和修订。

整本教材从开发总体设计到每个细节，团队精诚协作，细心打磨，以专业的精神尽量克服知识和经验的不足，终以此书飨慰读者。

本教材提供配套代码和 PPT，如需相关资源，请发送邮件至 renyoujiaocaiwei@huatec.com。

编者

2018年7月

目 录 |

项目 1 物联网云平台初探与开发环境搭建	1
1.1 任务一：物联网云平台初探	3
1.1.1 国内外物联网云平台初探	3
1.1.2 物联网云平台技术漫谈	11
1.1.3 物联网云平台未来的发展趋势	12
1.1.4 任务回顾	12
1.2 任务二：物联网云平台架构分析	13
1.2.1 物联网云平台架构设计	14
1.2.2 物联网云平台的产品功能	15
1.2.3 物联网云平台的核心技术	20
1.2.4 任务回顾	21
1.3 项目总结	22
1.4 拓展训练	23
项目 2 物联网云平台总体分析与设计	25
2.1 任务一：物联网云平台需求分析	26
2.1.1 物联网云平台用户功能需求分析	26
2.1.2 物联网云平台设备功能需求分析	30
2.1.3 物联网云平台设备数据功能需求分析	36
2.1.4 任务回顾	40
2.2 任务二：物联网云平台数据库的设计与实现	41
2.2.1 物联网云平台数据库分析	41

2.2.2	物联网云平台逻辑结构设计	45
2.2.3	物联网云平台物理结构设计	49
2.2.4	物联网云平台概念结构设计	53
2.2.5	物理数据模型导出 SQL	54
2.2.6	任务回顾	55
2.3	项目总结	56
2.4	拓展训练	56
项目 3	物联网云平台开发框架搭建	59
3.1	任务一：IntelliJ IDEA 简介	60
3.1.1	IntelliJ IDEA 概述	60
3.1.2	IntelliJ IDEA 安装配置	61
3.1.3	IntelliJ IDEA 常用设置	67
3.1.4	IntelliJ IDEA 常用智能快捷键	70
3.1.5	任务回顾	71
3.2	任务二：IntelliJ IDEA 创建 Gradle 项目	72
3.2.1	Gradle 简介	72
3.2.2	创建 Gradle 项目	73
3.2.3	任务回顾	76
3.3	任务三：搭建 SSM 开发环境	77
3.3.1	SSM 框架简介	77
3.3.2	Gradle 创建 SSM 开发环境	84
3.3.3	测试开发环境	93
3.3.4	任务回顾	100
3.4	项目总结	101
3.5	拓展训练	101
项目 4	物联网云平台基础模块开发实战	103
4.1	任务一：安全机制与权限管理	104
4.1.1	Token 机制	105

4.1.2	权限管理	117
4.1.3	任务回顾	120
4.2	任务二：用户模块开发	121
4.2.1	实现用户模块 Service 层	121
4.2.2	实现用户模块 Controller 层	134
4.2.3	集成 Restful API	138
4.2.4	测试实现功能	142
4.2.5	任务回顾	145
4.3	任务三：设备模块开发	146
4.3.1	实现设备模块 Service 层	146
4.3.2	实现设备模块 Controller 层	156
4.3.3	任务回顾	160
4.4	项目总结	161
4.5	拓展训练	161
项目 5	物联网云平台数据管理开发实战	163
5.1	任务一：走进 MongoDB	164
5.1.1	MongoDB 简介	165
5.1.2	MongoDB 本地安装	169
5.1.3	MongoDB 基本操作	174
5.1.4	MongoDB Java 操作	191
5.1.5	任务回顾	196
5.2	任务二：Spring Data MongoDB 集成	197
5.2.1	Spring Data MongoDB 介绍及配置	197
5.2.2	Spring Data MongoDB 操作示例	202
5.2.3	任务回顾	211
5.3	任务三：物联网云平台数据管理模块开发	212
5.3.1	物联网云平台 MongoDB 业务功能分析	212
5.3.2	实现物联网云平台 MongoDB 业务功能	214
5.3.3	物联网云平台 MongoDB 业务功能调用	226
5.3.4	任务回顾	230

5.4	项目总结	231
5.5	拓展训练	231
项目 6	物联网云平台消息机制	233
6.1	任务一：走进 MQTT 协议	234
6.1.1	浅析 MQTT 协议	235
6.1.2	MQTT 协议服务器安装	239
6.1.3	MQTT 协议的工具体测试	244
6.1.4	MQTT 协议客户端测试	250
6.1.5	任务回顾	255
6.2	任务二：物联网场景下 MQTT 协议的整合	257
6.2.1	Spring 整合 org.eclipse.paho 实现 MQTT 协议客户端	257
6.2.2	物联网云平台 MQTT 协议业务接口	262
6.2.3	任务回顾	270
6.3	任务三：物联网云平台的设备消息管理	271
6.3.1	MQTT 协议订阅设备数据及接收处理	272
6.3.2	MQTT 协议发布控制设备数据	280
6.3.3	任务回顾	285
6.4	项目总结	286
6.5	拓展训练	287

项目 1

物联网云平台初探与开发环境搭建

项目引入

我是 Jane，是一名初级 Java 程序员，从大四开始在这家互联网公司实习，毕业后顺利地入职，正式成为一名勤奋的“北漂”。

今天，我刚坐到工位上，工作群里就提示有消息，提醒项目组将在 15 分钟后在会议室召开启动会议。

团队的项目经理是资深软件开发工程师 Philip，他从今天开始将带领团队开发一个通用的物联网云平台，时间紧、任务重，我们都要打起精神，准备工作。

大家不约而同地提前 15 分钟到达了会议室。

我：Anne，你每天这么早到公司，而且还有时间吃早餐，还能把自己打扮得美美的，你怎么做到的？

Anne：我一起床，就能吃上智能面包机和咖啡机为我准备的热腾腾的早餐，出门扫二维码，骑上一辆共享单车，听着音乐，就到公司啦。

智能家居、共享单车这些新兴的事物，确实在潜移默化地改变着我们的生活。

说话间隙，项目助理 Aron 打开了会议室的灯、投影仪、窗帘等。

我：Anne，昨天 Philip 不是说要开发物联网云平台吗？如果能设计一个会议模式，一键控制会议室的门、灯、投影仪、窗帘等，为大家准备一个舒适的会议环境，那该多好啊！

Philip 已经站在门口，刚好听见了我们的谈话，接过话茬：“这就是我们物联网云平台要解决的问题啊，物联网时代已经来临，我们要抓紧，商机稍纵即逝，好，我们现在开会吧。”

会议在轻松的氛围中进行着，到会议结束的时候，我们的讨论还意犹未尽呢！

在会上，Philip 确定了项目组的开发人员结构，如图 1-1 所示。

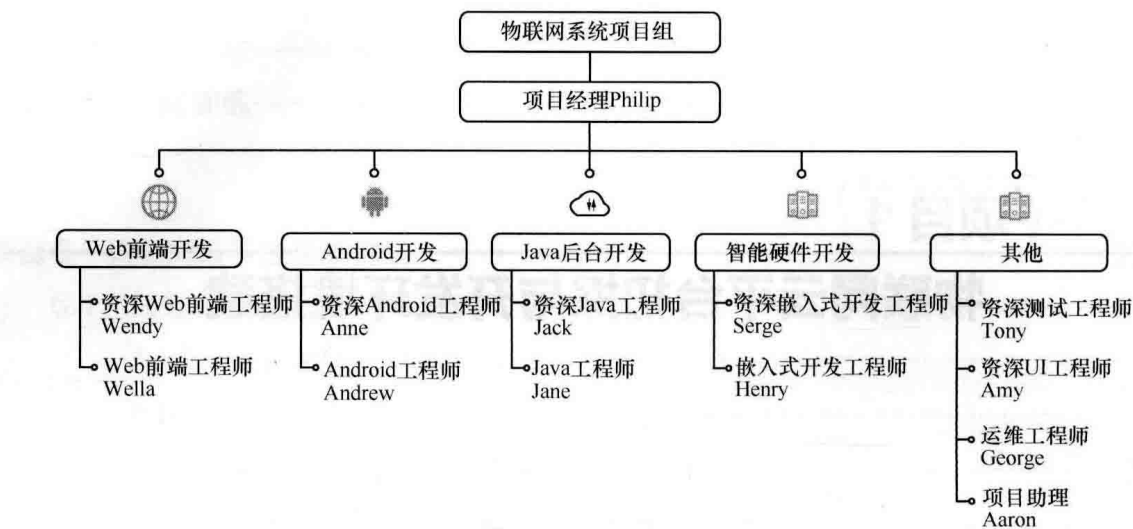


图1-1 项目开发人员结构

我和师傅 Jack 是开发物联网云平台后台的主力人员，鉴于我对物联网的认识还不够全面，Jack 让我先了解国内外物联网云平台的架构和消息协议。

知识图谱

项目 1 的知识图谱如图 1-2 所示。

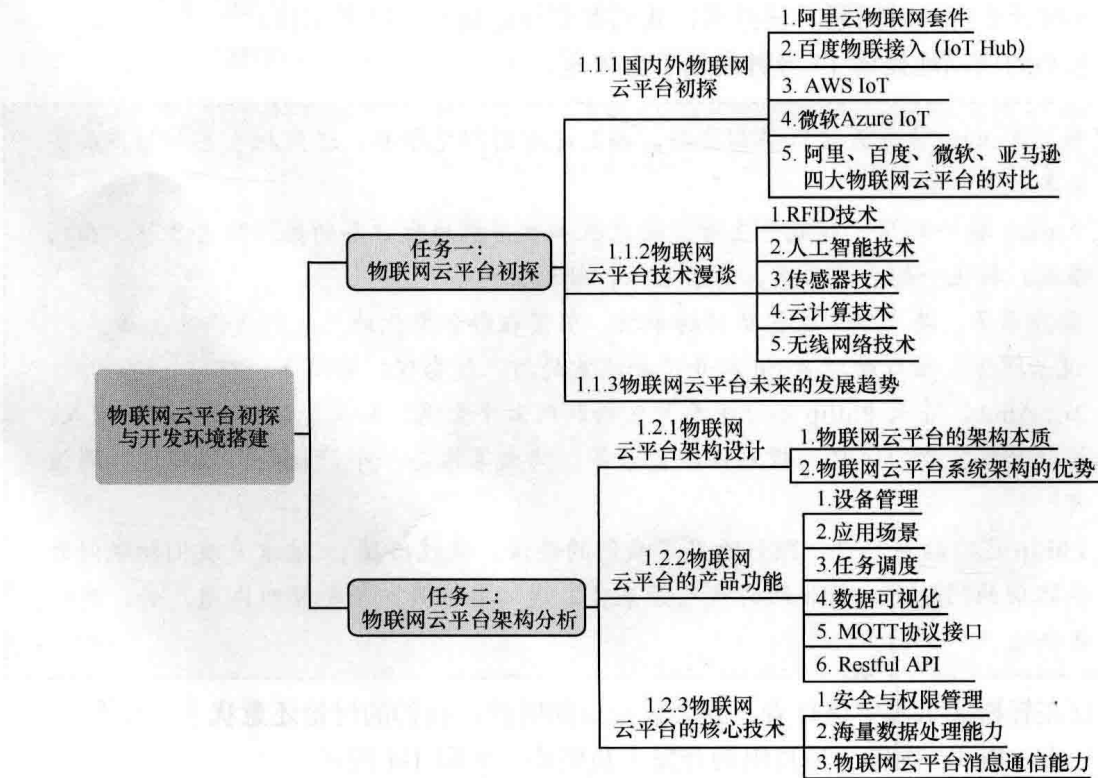


图1-2 项目1的知识图谱

1.1 任务一：物联网云平台初探

【任务描述】

2005 年在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布《ITU 互联网报告 2005：物联网》，引入物联网（Internet of Things, IoT）的概念，世界各国相继重视起来，国内外物联网云平台日新月异，为了开发一个实用的物联网云平台，我们有必要参考国内外的大型物联网云平台，例如阿里云、华为云、百度云、AWS IoT、微软 Azure IoT 等。“见贤思齐焉”，让我们带着一双善于发现美的眼睛，探索国内外大型企业的物联网云平台。

1.1.1 国内外物联网云平台初探

目前，物联网的发展属于起步阶段，物联网尚无统一的国际标准。物联网的革命必须依托互联网的高速发展和实体的智能化发展。物联网把虚拟的网络和实际物体相结合，而这两者的结合需要更多、更强的技术支持，核心技术包括传感器技术、识别技术、数据处理技术、通信网络技术、安全隐私技术等，这些技术需要进一步的发展以实现与互联网的有机结合。物与互联网的技术结合产生的应用涉及生活实践中的方方面面，影响整个社会的发展，包括军事领域、交通物流、医疗卫生、建筑材料等，强大的技术支撑可想而知。

对于物联网的发展，各个国家都十分重视，我国主要从两方面推动物联网的发展，一方面是研发物联网的技术，提高物联网设备的生产力；另一方面，在“十二五”规划中，我国提出了物联网技术发展的蓝图，从国家层面促进物联网的发展。

物联网云平台将成为互联网时代发展中的又一突破。现阶段不同的物联网云平台都具有以下的特性。

1. 阿里云物联网套件

物联网套件是阿里云针对物联网领域的开发人员所推出的，目的是帮助开发者搭建安全性能强大的数据通道，方便终端（如传感器、执行器、嵌入式设备或智能家电等）和云端的双向通信；在全球多节点部署，全球范围内的海量设备都可以安全、低延时地接入阿里云 IoT Hub，在安全上提供多重防护以保障设备云端安全，在性能上能够支撑亿级设备长连接，百万消息并发；物联网套件还提供一站式托管服务，数据从采集到计算到存储，用户无须购买服务器部署分布式架构，用户通过规则引擎只需在 Web 上配置规则，即可实现采集 + 计算 + 存储等全套服务。

总而言之，基于物联网套件提供的服务，物联网开发者可以快速搭建稳定可靠的物联网平台。

（1）阿里云物联网套件架构介绍

阿里云物联网套件的架构如图 1-3 所示，包括以下部分。

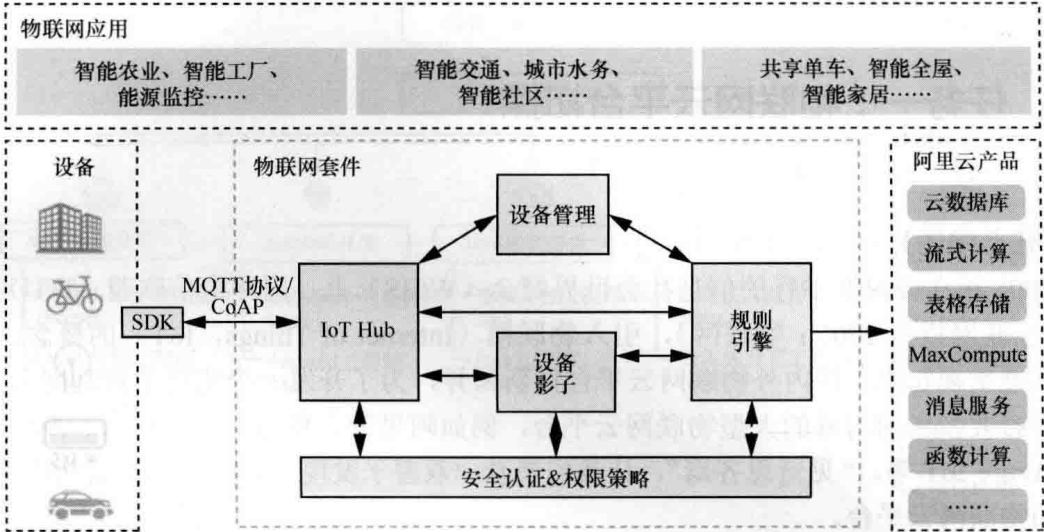


图1-3 阿里云物联网套件架构

1) IoT Hub

IoT Hub 是物联网设备提供的安全通道，该通道可以发布设备信息和接收设备信息。其可以使用的协议有 CoAP 和 MQTT 协议。

① CoAP 有利于实现通道与设备的短连接通信，应用于需要上传信息的低功耗设备。

② MQTT 协议有利于实现通道与设备的长连接通信，应用于需要指令控制的设备场景。

2) 安全认证 & 权限策略

在阿里物联网套件创建设备信息时，系统会给每个设备发放唯一的证书，而在使用 IoT Hub 时，必须提前验证该证书的唯一性。用户在使用设备时，只能使用自己账号下的 Topic 发布订阅信息，如果想用其他账号的 Topic，需要授权认证。

3) 规则引擎

阿里云物联网套件为用户提供类 SQL 的规则引擎，帮助用户过滤数据、处理数据，并能够发送数据到阿里云的其他服务，例如 Table Store、MNS、DataHub 等，也能够发送数据到其他 Topic。

4) 设备影子

设备影子是一个 JSON 文档，用于存储设备或者应用当前状态信息。每个设备都会在云端有唯一的设备影子，不管设备当前是否联网，都可以通过 MQTT 协议与 HTTP 使用设备影子获取设备当前的状态。

(2) 阿里云物联网套件的产品功能

1) 设备接入

① 提供不同网络的设备接入方案，例如 2G/3G/4G、NB-IoT、LoRa 等，解决企业异构网络设备接入管理的难点问题。

② 提供多种协议的 SDK，例如 MQTT 协议、CoAP 等，这样既能满足设备需要长连接保证实时性的需求，又能满足设备需要短连接降低功耗的需求。

③ 开源多种平台设备端代码，并且提供跨平台移植手册，让企业可以基于不同平台将设备接入物联网套件。

2) 设备通信

① 提供设备与云端的上下行通道，该套件能够稳定可靠地支撑设备上报与指令下发。

② 提供设备影子缓存机制，将设备与应用解耦，解决在无线网络不稳定情况下的通信不可靠痛点的问题。

3) 安全能力

① 提供一台设备一个密钥的认证方式，降低设备被攻击的安全风险。

② 提供 TLS 标准的数据传输通道，保证数据的机密性和完整性。

③ 提供设备权限管理机制，保障设备与云端通信安全。

④ 提供设备密钥安全管理机制，防止设备密钥泄露。

⑤ 提供芯片级安全存储方案，防止设备密钥被破解。

4) 设备管理

① 提供对设备生命周期的管理，可以注册、删除设备。

② 提供设备 online-offline 变更通知服务，可以实时获取设备状态。

③ 提供设备权限管理，设备基于权限与云端通信。

④ 支持 OTA 升级，让设备具有远程升级的能力。

5) 规则引擎解析转发数据

① 基于规则引擎可以配置规则实现设备之间的通信，快速实现 M2M 场景。

② 基于规则引擎将数据转发到 MNS，保障应用消费设备上行数据的稳定可靠性。

③ 基于规则引擎将数据转发到 Table Store，提供设备数据采集 + 存储的联合方案。

④ 基于规则引擎将数据转发到 StreamSql，提供设备数据采集 + 计算的联合方案。

2. 百度物联接入 (IoT Hub)

百度物联接入 (IoT Hub) 是一个全托管的云服务，帮助设备与云端之间建立安全可靠的双向连接，以支撑海量设备的数据收集、监控、故障预测等各种物联网场景。搭建物联网的第一步是将设备连接到物联网平台，百度物联接入可以支持亿级并发连接和消息数，支持海量设备与云端安全可靠的双向连接，无缝对接天工平台和百度云的各项产品和服务。

(1) 百度物联接入架构介绍

目前，该平台的服务主要由物接入、物解析、物管理、规则引擎和时序数据库组成，并可无缝对接百度云天算智能大数据平台及基础平台产品，可提供千万级设备接入的能力，并具有每秒百万数据点的读写性能、超高的压缩率、端到端的安全防护能力。百度物联接入架构如图 1-4 所示。

1) Edge SDK

百度云面向设备端提供的 SDK 可以安装在单机设备或企业网关上。安装了 SDK 的设备只需要配置一个云端生成的密钥便可以完成与云端的连接，实现与云端的通信。Edge SDK 支持 SSL 方式，能够保证用户数据的安全。

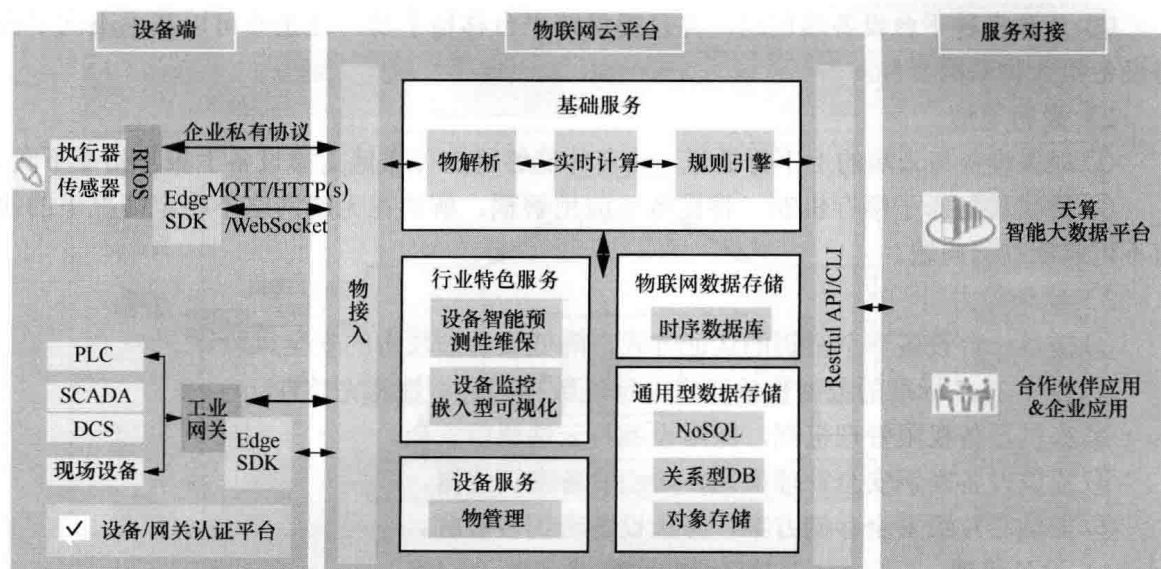


图1-4 百度物联接入架构

2) 物接入

物接入是全托管的云服务，在智联设备与云端之间可以双向通信，并通过主流的物联网协议（如 MQTT 协议）进行通信，实现从设备端到云端以及从云端到设备端的安全稳定的消息传输。

3) 物管理

物管理主要用于对接入云端的设备进行管理和操作。物管理需要与百度云物接入服务配合使用，对接入云端的设备进行一站式设备管理，可应用于设备的层级管理、监测、遥控、固件升级和维护保养等各个场景。

4) 物解析

物解析在云端为用户提供工业协议解析服务（比如 Modbus 和 OPC UA）。在云端收到设备端返回的原始数据后，物解析服务结合用户提供的设备通信地址表，可将数据解析成可用于存储和分析的数据。

5) 规则引擎

规则引擎作为百度云天工智能物联网平台的重要组件，用于将信息根据预先设置好的规则转发至百度云的其他服务。用户可通过规则引擎设定消息处理规则，对规则匹配的消息采取相应的转发操作，如推送给手机 App 等；也可以将设备消息无缝转发到时序数据库、百度 Kafka 和对象存储中进行存储。

6) 时序数据库

时序数据库是用于管理时间序列数据的专业化数据库。区别于传统的关系型数据库，时序数据库针对时间序列数据的存储、查询和展现进行了专门的优化，从而获得极高的数据压缩能力以及极优的查询性能，特别适用于物联网应用场景。

7) 天算智能大数据平台

该平台可以存储智能设备的海量数据、智能 API、众多业务场景模板以及进行人脸识别、文字识别、语音识别等，帮助用户实现智能业务。

(2) 百度物联接入产品功能

1) 安全可靠的双向连接

物联接入服务是全托管的服务，用户可以快速创建物联网服务的实例并安全可靠地连接设备与云端而不用为运维操心。

2) 认证与授权

百度物联接入提供设备级别的认证，以及基于策略的授权，允许控制设备对特定主题具有读写等权限，保障物联网应用的安全。

3) 支持主流物联网协议

MQTT 协议是标准的物联网协议，用户可以使用丰富的 MQTT 协议客户端，使用熟悉的编程语言以及设备平台开发物联网项目。

4) 数据分析

无缝连接物联网服务与大数据服务，通过时序数据库来存储海量数据，进而对接数

3. AWS IoT

AWS IoT 是一个全托管的云平台，可使互联设备轻松安全地与云应用程序及其他设备交互。AWS IoT 可支持数十亿台设备和数万亿条消息，并且可以对这些消息进行处理并将其安全可靠地路由至 AWS 终端节点和其他设备。AWS IoT 平台支持将设备连接到 AWS 服务和其他设备上，保证数据和交互的安全。它可处理设备数据并对其执行操作，以及支持应用程序与设备（即便处于离线状态）进行交互。

AWS IoT 架构如图 1-5 所示。

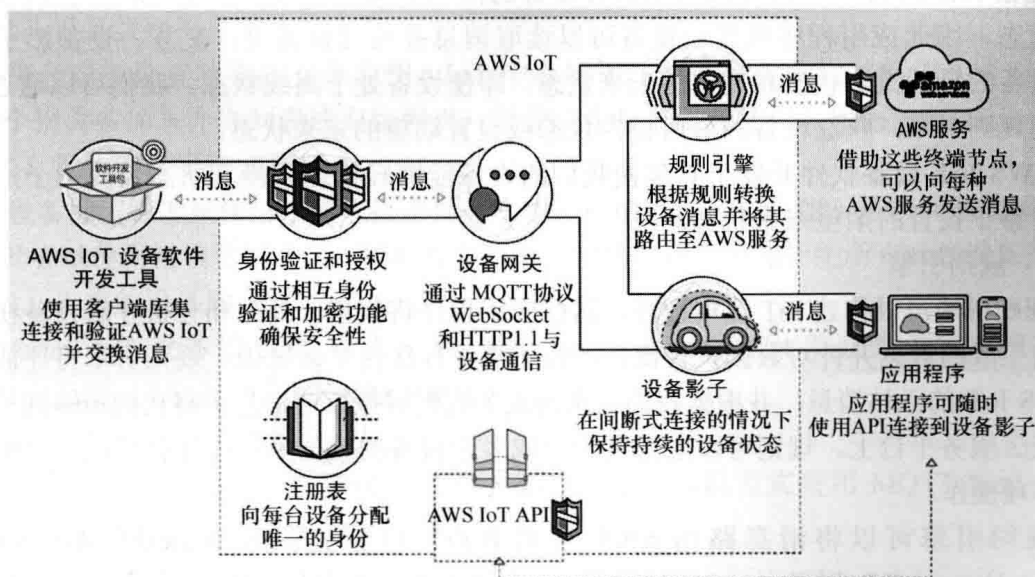


图1-5 AWS IoT架构

1) AWS IoT 设备软件开发工具包

AWS IoT 提供软件开发工具包，该工具包可以轻松快速地连接硬件设备或移动应用程序。利用 AWS IoT 设备软件开发工具包，设备可以使用 MQTT 协议、HTTP 或

WebSocket 协议连接和验证 AWS IoT，并与之交换消息。

2) 设备网关

AWS IoT 设备网关支持设备安全高效地与 AWS IoT 进行通信。设备网关可以使用发布/订阅模式交换消息，从而支持一对一和一对多的通信。凭借一对多的通信模式，AWS IoT 将支持互连设备向多名给定主题的订阅者广播数据。设备网关支持 MQTT 协议、WebSocket 和 HTTP 1.1 协议。设备网关可自动扩展，以支持十亿多台设备，而无需预置基础设施。

3) 身份验证和授权

AWS IoT 在所有连接点处提供相互身份验证和加密，因此绝不会在未验证身份的情况下在设备和 AWS IoT 之间交换数据。AWS IoT 支持 AWS 身份验证（称为“SigV4”）以及基于 X.509 证书的身份验证。HTTP 连接可以使用任一方法，MQTT 协议的连接可以使用基于证书的身份验证，而 WebSocket 的连接可以使用 SigV4。借助 AWS IoT，平台可以通过控制台或使用 API 创建、部署并管理设备的证书和策略。平台也可以预置、激活这些设备证书，并将其与使用 AWS IAM 配置的相关策略关联。如果您选择执行此操作，则会立即被撤销单个设备的访问权限。

4) 注册表

注册表将为设备创建一个身份并跟踪元数据，如设备的属性和功能。注册表会向格式一致的每台设备分配唯一的身份，而不管设备的类型和连接方式如何。此外，它还支持描述设备功能的元数据，例如传感器是否报告温度，以及数据是华氏度还是摄氏度。

5) 设备影子

凭借 AWS IoT，我们可以创建每台设备的持久虚拟版（或“影子”），它包含设备的最新状态，因此应用程序或其他设备可以读取消息并与此设备进行交互。设备影子保留每台设备的最后报告状态和期望的未来状态，即便设备处于离线状态。我们可以通过 API 或使用规则引擎，获取设备的最后报告状态或设置期望的未来状态。

AWS IoT 设备软件开发工具包使我们的设备能够轻松地同步其状态及其影子，并响应通过影子设置的期望未来状态。

6) 规则引擎

规则引擎可以构建 IoT 应用程序，这些应用程序将收集、处理和分析互联设备在全局范围内生成的数据并针对数据执行操作，且无需管理任何基础设施。规则引擎将评估发布到 AWS IoT 的进站消息，并根据我们定义的业务规则转换这些消息，将它们传输到另一台设备或云服务平台上。规则可以应用至一台或多台设备的数据中，并且它可以并行执行一项或多项操作。

规则引擎可以将消息路由 AWS 终端节点，包括 Amazon Kinesis、Amazon S3、Amazon DynamoDB 以及 Amazon CloudWatch。外部终端节点可以使用 Amazon Kinesis 和 Amazon Simple Notification Service (SNS) 进行连接。

4. 微软 Azure IoT

Azure IoT 是一个完全托管的云服务平台，它可以在数百万台 IoT 设备和一个解决方案后端之间实现安全可靠的双向通信。