

物联网标识技术发展与趋势

田野^{1,2}, 刘佳¹, 申杰²

(1. 中国科学院计算机网络信息中心, 北京 100190;
2. 广州中国科学院计算机网络信息中心, 广东 广州 511458)

摘要: 物联网突破了传统的人与人之间的通信模式, 引入对物理世界的感知, 从而建立人与物、物与物之间的通信, 并实现信息的动态获取、智能处理、无缝交互与协同共享。作为识别区分不同目标对象的物联网标识则是实现以上信息通信和各类应用的基础与前提。物联网标识用于在一定范围内唯一识别物联网中的物理和逻辑实体, 以便网络或应用基于此对目标对象进行相关控制和管理以及相关信息的获取、处理、传送与交换, 它是物联网中最重要的基础资源, 是物联网对象的“身份证”。为了在一定范围内唯一识别物联网各种异构资源, 并基于其控制和管理目标对象, 获取和传送相关信息, 就需要提供基于物联网标识的解析服务, 实现不同层次的标识映射。

关键词: 物联网标识; 解析服务; 标识映射

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2018.00047

Development and trend of IoT identifier technology

TIAN Ye^{1,2}, LIU Jia¹, SHEN Jie²

1. Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
2. Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences of Guangzhou (CNICG), Guangzhou 511458, China

Abstract: The Internet of things has broken through the traditional human-to-human communication model and introduced the perception of the real world, thereby establishing the communication between things, human being and things, as well as achieving the dynamic acquisition of information, intelligent processing, and seamless interaction and collaborative sharing. The IoT identifier that identifies and distinguishes different target objects is the basis and prerequisite for achieving the above mentioned information communications and various IoT applications. The IoT identifier is used to uniquely identify the physical and logical entities within a certain range, so that the network and application can manage the target objects based on it, and the acquisition, processing, transmission, and exchange of related information is the most important and fundamental resource in IoT Internet of things. Moreover, it is the “identity card” of IoT object. In order to uniquely identify various heterogeneous resources within a certain range, and to obtain and transmit related information based on the control and management of target objects, it is necessary to provide a identification resolution service based on the IoT identifier, and realize different levels of mapping between identifiers.

Key words: IoT identifier, resolution service, identifier mapping

1 引言

物联网标识是识别各种物理和逻辑实体的方法, 识别之后可以实现对物体信息的查询、管理和控制, 并以此为基础实现各种各样的物联网应用。

物联网标识管理就是对物联网标识进行编码、分发、注册、解析、寻址以及发现等贯穿物联网标识产生和应用全过程的管理^[1]。在互联网中, 连接上层业务应用和底层物理基础设施的就是 DNS 这种标识服务。互联网中的标识服务包括域名、IP 地址、

收稿日期: 2018-03-15; 修回日期: 2018-05-25

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No.2018YFB0803403)

Foundation Item: The National Key R&D Program of China (No.2018YFB0803403)

网络标识在内的互联网标识的管理、解析服务。物联网突破了传统的人与人之间的通信模式，引入对物理世界的感知，从而建立人与物、物与物之间的通信，并实现信息的动态获取、智能处理、无缝交互与协同共享。作为识别区分不同目标对象的物联网标识，则是实现以上信息通信和各类应用的基础与前提。物联网标识用于在一定范围内唯一识别物联网中的物理和逻辑实体，以便网络或应用基于此对目标对象进行相关控制和管理以及相关信息的获取、处理、传送与交换，它是物联网中最重要的基础资源，是物联网对象的“身份证”。

任何互联网/物联网业务应用必须先解析“标识服务”获得相关的标识信息之后才能进行数据通信和互联互通，才能使各项业务得以开展和实现。一旦“标识服务”出现故障，“物理基础设施”被割裂，各类互联网业务应用将无法开展，网络间将无法互联互通，网络将会面临瘫痪。随着互联网的演进和发展，从“机机联网”“人人联网”进而发展到“物物联网”（物联网），标识服务的角色和作用变得越来越重要。“标识服务”是互联网/物联网的基础性服务，是互联网/物联网的中枢神经系统，是互联网/物联网安全和稳定的保障。其使用状况是互联网/物联网“业务应用”的使用情况和发展水平的直接和重要体现，同时，对标识实施有效适当的管理控制是互联网/物联网管理治理的重要抓手。

2 物联网标识现状及相关技术

在互联网标识数量方面，我国拥有超过 3 亿个 IPv4 地址，23 430 块/32 的 IPv6 地址，3 840 万个域名（其中，CN 域名 1 109 万个）^[2]；在互联网标识服务方面，全球域名服务器数量超过 1 600 万台（其中，中国超过 30 万台），日均解析量超过千亿次（其中，CN 根日均解析量超过 60 亿次）；在互联网标识产业方面，直接从事域名产业的公司机构已超过 50 家，相关公司机构已超过 2 000 家，从业人员超过 10 万人，IP 地址分配相关机构 280 余家，标识产业市场规模超过 40 亿元（全球市场规模超过 100 亿美元）。

而在物联网标识方面，RFID 的全球市场规模到 2023 年将到达 314.2 亿美元^[3]，传感器的市场规模在 2017 年就超过了 1 800 亿美元^[4]。每一个 RFID、传感器、二维码、摄像头都有一个唯一标识，整个标识数量将远超互联网，标识服务产业的规模也远非互联网 DNS 产业可比。物联网标识技术及相关体系

建设将成为物联网重要的基础支撑和管理抓手。标识管理技术就是管理标识全生命周期过程中涉及的各种技术，包括标识的命名、标识的分配/配置、标识的注册、标识的解析、标识的发现、标识的安全等。

2.1 物联网标识命名

基于识别目标和应用场景，物联网标识可分为 3 类，如图 1 所示。

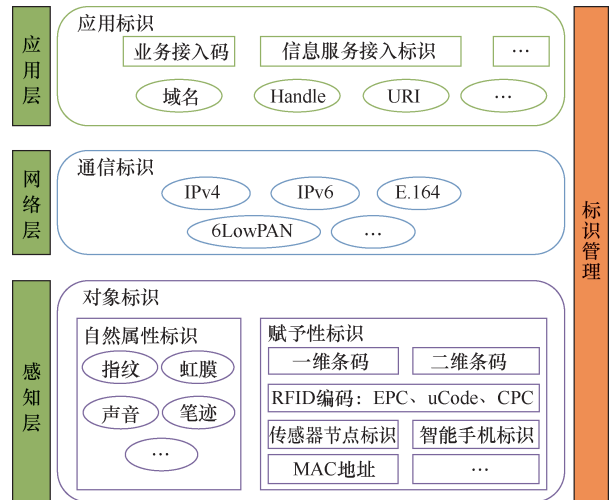


图 1 物联网标识体系

1) 对象标识

对象标识用于唯一识别物联网中的实体对象（如传感器节点、电子标签、网卡等）或逻辑对象（如文档、温度等）。根据标识形式的不同，对象标识又可进一步分为自然属性标识和赋予性标识。一个对象可以拥有多个对象标识，但一个标识必须唯一地对应一个实体对象或逻辑对象。

2) 通信标识

通信标识用于唯一识别具备通信能力的网络节点（如智能网关、手机终端、电子标签读写器及其他网络设备等）。通信链路两端的节点一定具有同类别的通信标识，作为相对地址或绝对地址用于寻址，以建立到目标对象的通信连接。

3) 应用标识

应用标识用于唯一识别物联网应用层中各项业务或各领域的应用服务的组成元素（如电子标签在信息服务器中所对应的数据信息等）。基于应用标识就可以直接进行相关对象信息的检索与获取。

应用标识由于可带有一定语义特征，主要用于各种物联网应用方便地管理各种物联网资源或数据，不同应用可根据应用需求不同给同一个物联网资源或数据赋予不同的应用标识。而对象标识

则主要用于标注各种物联网对象，与使用该对象的物联网应用无关。同一个物联网对象，可拥有多个对象标识、通信标识和应用标识。在各物联网应用领域，不同环节需要使用到不同类型的标识，这就需要掌握不同标识直接的映射关系。而这些标识之间的映射，则主要通过标识服务技术进行管理和维护。

2.2 物联网标识解析技术

为了在一定范围内唯一识别物联网各种异构资源，并基于其控制和管理目标对象、获取和传送相关信息，就需要提供基于物联网标识的解析服务，实现不同层次的标识映射。物联网标识解析是指将某一物联网标识映射到该标识拥有者的其他物联网标识。例如，通过对某物品的对象标识进行解析，可以获得存储其相关信息或服务的节点通信标识。

2.2.1 物联网标识解析技术的演进过程

1983 年，发明的互联网标识解析服务 DNS^[5-6] 经过 30 多年的发展，成为互联网中最核心的公共基础服务。因此，现有的主流物联网标识（如 EPC^[7]、OID^[8]、uCode^[9]等）均是基于 DNS 架构的物联网标识解析服务，如物品名字服务（ONS, object naming service）^[10]。然而，DNS 存在单点故障、缓存中毒、域名欺骗、域名劫持等弊端，导致基于 DNS 技术构建物联网标识服务也不可避免地继承了这些问题。因此，一些改进的技术孕育而生。其中，以分布式散列表（DHT, distributed hash table）为主^[11]。DHT 由于更适应节点的动态加入或退出，存储和查询都被均匀分布给所有节点，在扩展性、顽健性、隐私性等方面都具有很大的优势，因此，很多研究者提出了基于 DHT 技术构建的物联网标识服务。

2.2.2 标识解析技术的发展趋势

物联网是一个新生事物，但与互联网一样，随着网络规模的不断扩大，也不可避免地会遇到各种问题。局部的物联网示范应用一般都是自成体系的闭环应用，标识解析需求相对简单。一旦物联网形成产业化，形成“共性平台+应用子集”的架构，则物联网标识解析在性能和安全等方面都将面临更加严重的挑战。分析认为，以下研究领域将成为未来物联网标识解析服务的发展方向。

1) 兼容多编码

物联网资源的多样性决定了物联网标识的异构性，仅以 RFID 标签的编码为例，目前，已有国外的 EPC、OID、uCode 和国内的 Ecode^[12]、CSTR^[13]

等几十种编码方式，采用不同编码方式的物联网应用很难有效地实现互联互通、信息共享，如何在与现有的 EPCglobal、OID 中心、uID 中心等标识分配机构充分合作的基础上，提供可兼容各种异构标识的公共解析服务是未来需要深入研究的一个课题。

2) 对等解析

当前，大多数标识解析服务都采用集中式存储标识映射记录的方式来实现，单根服务器往往存在负载不均衡和单点失效等问题，而从国家信息安全和经济安全等角度出发，哪个国家都不希望由国外的解析系统来单点控制本国的最高层解析。针对该问题提出的对等解析^[14]就是试图在根名字服务器的层级上，将单根服务器分解为多个对等的服务器，每一个对等根的权级相同，都能平等地提供根层级的解析服务，从而实现物联网基础资源解析系统间的互通，解决任意标识编码在任意解析系统上的解析，这将为各国的解析机构提供合作共赢的机会。

3) 安全认证

主流的物联网标识解析技术大多与互联网中域名的解析体系 DNS 密切相关，这种内在联系体现在：一方面，使 ONS 的部署相对容易实现，可依托现有的 DNS 来部署；另一方面，DNS 存在的软件漏洞、缓存中毒、域名劫持、DDoS 攻击等安全问题在 ONS 中也将同样存在，将影响物联网的安全与稳定^[15]。

4) 隐私保护

在物联网中普遍使用无线近距离通信，如果没有合适的保护机制，那么用户信息、位置信息、交易信息等随时有可能发生隐私泄露的危险。在提供物联网标识解析服务时，由于某些信息包含了用户隐私（如发现服务中提供的商品物流路径信息等），因此这些服务不应完全对用户任意开放，而只应在可信任的合作伙伴间共享重要信息。如何在保证服务公开的同时保障用户隐私，将是未来物联网标识解析技术和服务的一个重要研究方向^[16]。

2.3 物联网标识发现技术

在互联网中，传统的标识服务是将映射记录存储在指定的唯一标识服务器上。即使针对同一标识，可能有多条不同类型的映射记录，但是信息来源基本上都是单一的，通常只由该标识所唯一标识资源的管理者提供。但在物联网中，由于被标识对象（资源）存在多粒度性，导致映射目标数量的多样性；标识对象（资源）存在可移动

性, 导致映射目标位置的不确定性。以 RFID 网络为例, 采用不同粒度的电子标签编码标识, 可以为批次粒度的商品关联商品名称、产地等静态信息; 也可以为单品粒度的对象关联物流历程、销售情况等动态信息。如果采用前者进行寻址, 目标通常只是生产商指定的标识服务器; 而若采用后者进行寻址, 则目标可能会涉及生产商以及商品在物流、销售过程中所经历的多个信息节点及关联的标识服务器。在物联网中, 针对前者的映射服务, 就叫标识解析服务, 针对后者的映射服务, 就叫标识发现服务^[17]。

2.4 物联网标识服务安全

在互联网中, 标识服务 (DNS) 是一种完全公开的基础服务, 所有资源记录都可被任意用户自由查询用来定位各种互联网资源。标识服务系统的管理者只关心资源记录的完整性和真实性, 并不关心谁可以获取这些资源记录。然而, 在物联网中, 由于标识服务并非简单的域名 (应用标识) 到 IP 地址 (通信标识) 的相应映射解析, 人们对标识服务的安全关注也与互联网的 DNS 不尽相同, 主要体现在: 物联网标识与现实世界的紧耦合带来标识服务体系的信息安全。

在物联网应用场景中, 1) 物理对象很可能不被告知地被扫描读取, 从而通过对物品的定位获得相应的位置信息, 达到追踪用户行踪的目的, 使用户位置隐私受到严重威胁; 2) 在物理对象映射为网络对象的过程中, 与该对象相关联的个人用户的身份属性信息很容易在不被发觉的情况下被泄露, 威胁用户个人身份的隐私; 3) 当对象作为网络对象被访问时, 同样面临着用户行为偏好被恶意获取的可能性。

由此可见, 物联网标识服务的安全涉及整个服务体系, 任何单一角色都无法完全解决上述问题, 需要标识服务架构中的标识服务器、信息服务器、解析器、注册器等各种组成元素都参与进来, 才能实现一个完整的安全体系, 充分保障用户在信息发布、信息查询等各个环节的安全需求。同时, 各种隐私保护机制还需要与服务质量、信息损失、查询多样性和运行时间进行权衡, 定义可动态灵活变化的安全策略等。

3 物联网标识技术的应用

物联网应用涉及的领域很广, 从简单个人生活应用到工业现代化与自动化控制, 再到城市建设、军事、反恐等领域。物联网应用涉及由传感器、RFID 等技

术所推动的各个产业链领域, 包括智慧城市、智能家居、智能交通、智能安防、智能医疗、智能农业、智能物流、智能制造、智能电网等。如图 2 所示, 物联网应用领域可主要分为 3 类: 面向公众社会服务的、面向公共事务管理的、面向经济发展建设的。

物联网环境中的各种感知信息组成了海量的物联网资源, 这是物联网的典型特征。在同一个物联网应用领域内部, 或不同应用领域之间, 海量物联网资源的互联互通将是物联网发展面临的核心难题, 是物联网“物物互联”的关键所在。和传统互联网类似, 任何物联网感知资源均需要进行统一标识和解析, 如互联网中的域名系统, 一旦域名系统出现故障, 互联网“物理基础设施层”被割裂, 各类互联网业务应用将无法开展, 网络间将无法互联互通, 互联网将会面临瘫痪。

2013 年 5 月, 国家发展和改革委员会正式批复 (发改办高技[2013]1253 号), 由中国科学院计算机网络信息中心牵头, 联合工业和信息化部电子科技情报研究所 (简称工信部电子一所)、工业和信息化部电信研究院 (简称工信部电信研究院)、中国物品编码中心, 建设全国唯一的国家级物联网标识管理公共服务平台 (简称标识平台)。标识平台建成后, 为物联网产业链提供跨行业、跨平台、跨管理机构的标识管理公共服务, 支撑我国物联网产业发展与应用^[18]。物联网标识管理系统就是在物联网中负责物联网标识编码、分发、注册、解析、寻址以及搜索等贯穿物联网标识产生和应用全过程的管理系统, 它直接关联实体物品, 又是信息互通的中枢系统。随着物联网产业的深入发展, 越来越多的物联网应用依赖于该系统, 一旦标识管理系统不能运行, 造成物联网应用不能运行, 也将影响到国家产业安全; 同时, 该系统解析信息直接反映出一个国家经济运行信息, 如果标识管理系统掌握在国外人的手里, 将影响到国家主权。因此, 标识平台是关系到产业安全和国家主权的重要基础服务平台, 以标识管理系统为基础, 面向物联网各个行业, 多种平台提供物联网应用提供支撑。

3.1 公共社会服务类: 智能家居

基于物联网标识, 通过物联网标识服务提供的信息地址, 可以构成不同厂商、不同协议、不同用途的智能家居产品的统一控制, 形成兼容互通的智能家居应用环境, 如图 3 所示。



图2 物联网应用领域分类

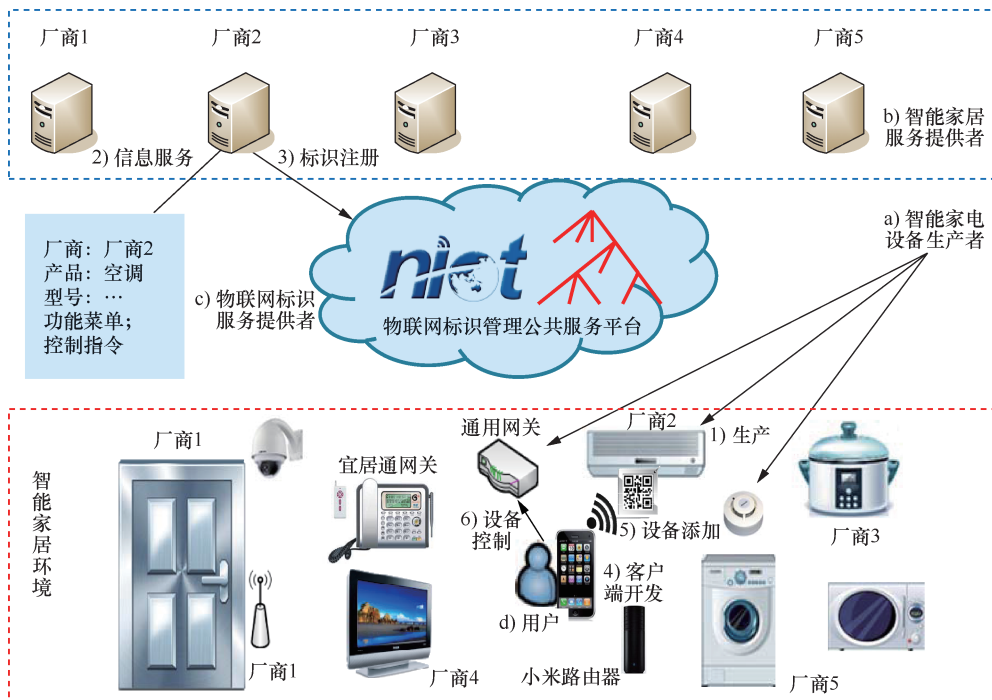


图3 基于标识服务的智能家居应用技术架构

该架构包含4个智能家居参与方,分别介绍如下。

1) 智能家居设备生产者

智能家居设备包括智能家电设备本身和家庭网关。该参与方与传统智能家居架构相似,设备生产者负责开发智能家电设备和家庭网关,实现约定的通信协议和控制协议,并进行实际生产销售。

2) 智能家居服务提供者

智能家居服务提供者可以是智能家居生产厂商,也可以是第三方智能家居服务提供方和智能家居解决方案提供方。在本架构中,智能家居服务提供者主要负责3个方面的工作:维护家电信息,包括设备基本信息、家电功能菜单和家电控制指令生产方式等,并通过信息服务器提供以上家电信息的获取服务;负责管理智能家电的物联网标识,维护标识与家电信息的对应关系;负责开发面向终端用户的智能家居客户端,包括针对单一家庭网关的专用型客户端和面向多种家庭网关的开放式客户端。

3) 智能家居物联网标识服务提供者

智能家居体系架构设计基于物联网标识服务,与标识平台对接,由标识平台提供标识管理、注册、解析等基础服务。通过对智能家电设备标识进行解析,能够正确定位相应的信息服务器地址和家庭网关地址,为家电快速接入和联网控制提供标识层面的支持。

4) 智能家居产品用户

智能家居产品服务的直接消费者,通过客户端添加、控制智能家电设备,获取智能家居相关服务。

在该智能家居服务架构下,各参与方能够直接接入该体系,不需要增加成本进行产品重新研发。需要注意的是,各参与方定义主要基于其责任定位,实际应用场景下同一单位可在该体系下扮演多个参与角色,例如,家电厂商作为智能家电设备生产者,同时可以提供智能家电信息服务,开发相应客户端,因此也是智能家居服务提供者。

3.2 公共事务管理类: 智能环保

智能环保是通过综合应用传感器、红外探测、射频识别等装置技术,实时采集污染源、环境指标等信息,构建全方位、多层次、全覆盖的生态环境监测网络,从而达到促进污染减排与环境风险防范、培育环保战略性新兴产业等方面的目的。

我国环境保护领域在十几年的重点污染源自动监控、环境质量在线监测等系统的建设中,广泛采用传感器、RFID等相关技术,因而被业界公认

为是物联网技术应用较早的一个领域。但面向大范围的智能环保物联网建设需求,各级环保部门还存在一些困惑。结合物联网体系架构以及环保行业的特殊需求可以发现,物联网在环保领域需要面对以下3个问题。

1) 大量监测设备的统一标识

物联网在环保行业的深入应用必然带来规模众多的监测设备部署,如何对这些监测设备进行统一的标识管理以及准确的维护是物联网在环保行业得以深入可持续应用的基础。

2) 海量监测数据的维护管理

大量的设备对各种环保指标的实时检测必然带来海量的监测数据,如何在对数据进行可扩展性维护的同时,还能保证对其灵活的调用是物联网在环保行业中的第二个问题。

3) 特定监测对象的追踪和定位

设备部署和数据采集的最终目标是发现问题并能及时定位问题,这就需要对监测事件的过滤以及准确的信息服务器发现服务。

因此,智能环保应用模式如图4所示。其包括2类应用:查询某监测点信息服务器,直接获取相关信息;通过发现服务器返回所有该类别的信息服务器,获取某类型监测点所有信息。

3.3 经济发展建设类: 智能制造

智能制造是将专家的知识 and 经验融入感知、决策、执行等制造活动中,使产品在制造过程中,拥有在线学习和知识进化的能力,以实现高品质制造,其包括智能产品、智能工厂、智能服务3个核心内容。由传统工业逐步达成智能化生产、个性化定制、服务化延伸、网络化协同的新工业模式与形态。以中国、德国、美国为代表的国家积极部署,如何实现“虚实”系统深度融合与写作,人、机器、服务之间的互联,创造更多数据价值,都将成为将互联网与传统工业融合所带来的机遇与挑战。

结合智能制造的体系结构和该领域对物联网的需求可以发现,物联网在智能制造领域面对的主要问题有3个。

1) 各个环节的关联性

物联网在工业领域的应用需要投入大量包含标识的原料、设计、设备等,生产出来的产品也需要带有标识信息。在生产过程中对以上资源进行加工、控制等,需要建立各环节标识之间的关联性,通过这些标识获得生产过程中的数据,设定生产过

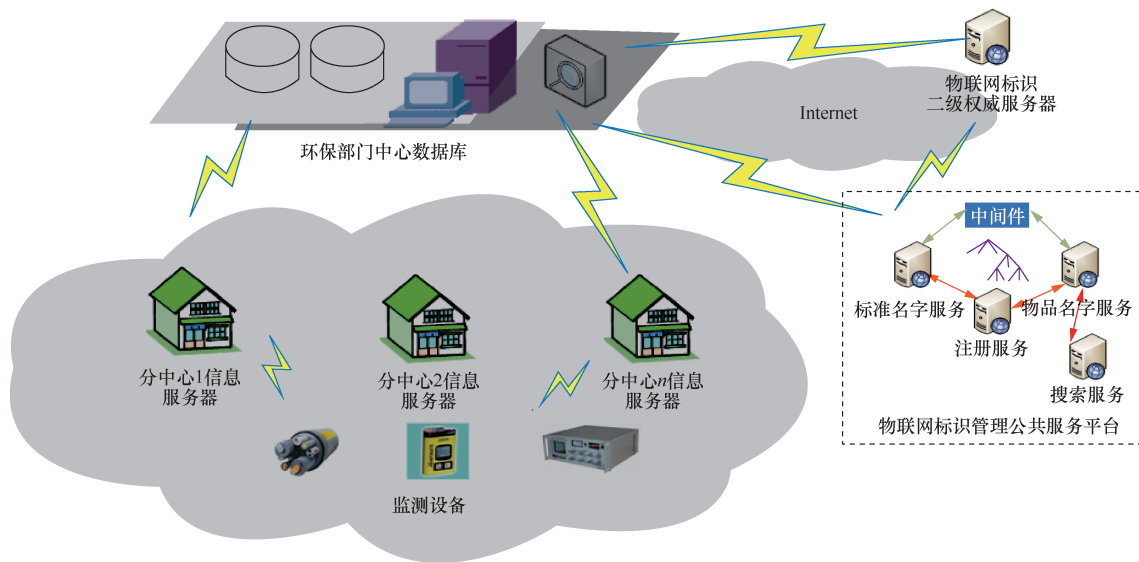


图4 智能环保应用模式

程中的相关参数，达到信息全流程记录和自动化作业的目的。其必须通过标识之间的关联才能将海量的数据信息维护起来，如何高效地管理标识，建立关联性是工业领域需要解决的一个重要问题。

2) 产品设备状态的跟踪定位

产品和设备信息数据采集的最终目的是实现对产品和设备在生产过程中的状态进行监控，跟踪产品处于生产流水线的各个环节，处理时长，实现产品生产的全程监控。在线监测设备的运转状态，通过网络与服务器通信，实现加工设备性能特征的在线监测、运行状态评估与风险预警、设备早期故障诊断与专家支持。同时，可定位产品在供应链中

所处的位置，通过网络传输，实现物流信息共享与可视化跟踪以及产品全程的实时监控。监控生产设备的工作状态，这就需要精确的信息服务器发现服务。

3) 高效的自动化控制

利用标识数据实现自动化控制是工业智能化的最终目的，产品的生产任务和有关信息都被记录在标识中，通过读取标识信息，产品组件可以告诉生产设备它所需的处理过程，比如需要安装哪个组件、被刻上什么样的文字图案等。

从以上的分析可知，智能制造的应用模式如图5所示。

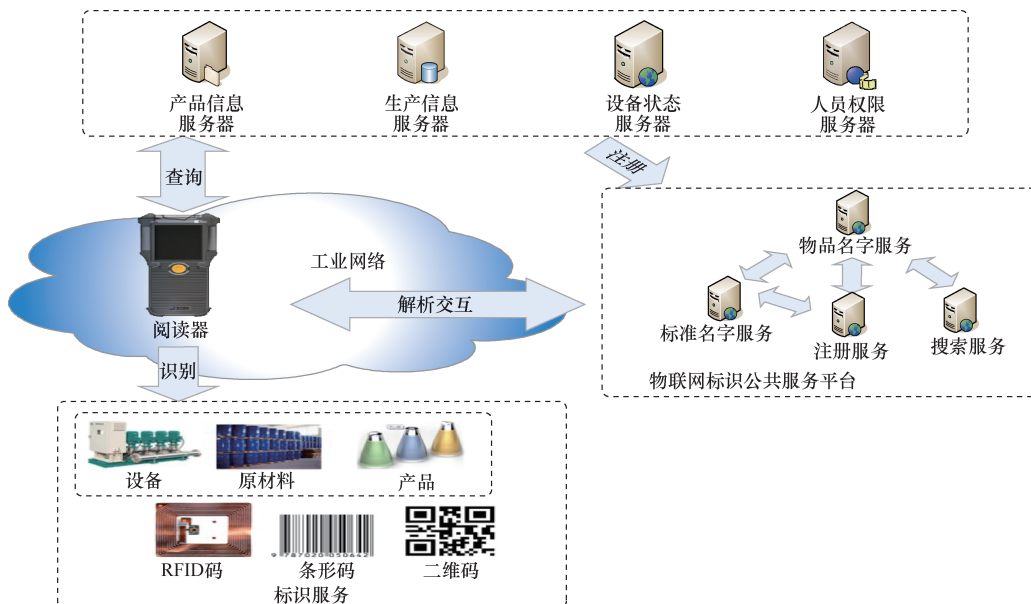


图5 智能制造应用模式

3.4 综合性应用：商品溯源

基于物联网的商品溯源应用体系如图 6 所示。主要分为 3 个核心环节。

1) 统一的标识管理

商品等所有接入物联网的实体都是物联网对象，而物联网标识则是用于识别不同物联网对象的名称标记。对象标识作为物联网最主要的入口标识是发起物联网标识服务的基础。对于不同的商品形态，在对物品赋予标识时，需要相应的标识载体，常见标识载体包括一维条码、二维条码、RFID 标签等。

2) 高效的信息采集

在对有关物品赋予相应的物联网标识以后，还需要用基于标识在物品生命周期的各个环节进行信息的采集，以便实现全生命周期的信息化记录和无缝链接。目前，最常用的信息采集技术是条码扫描技术，条码技术将计算机技术与信息技术结合起来，集编码、印刷、识别、数据采集和处理于一体。条码技术利用光电扫描设备识读条码符号，从而实现机器的自动识别，并快速准确地将信息录入计算机进行数据处理，以达到自动化管理的目的。利用条码技术采集信息具有速度快、可靠性高、灵活、实用等特点。因此，可以利用条码技术采集信息在供应链管理中的成熟、广泛应用，建立对特殊物证、重点装备、消防产品等关键物品的可追溯标签，实现有关信息的标准采集，这也是实施可追溯的关键之一。

3) 便捷的信息查询

商品的全生命周期管理和追溯是为了能够及时、准确地掌握物品实时状况以及历史信息。因此，提供高效便捷的信息查询手段是该应用的重要呈现形式。借助可视化、大数据技术，能够对物品全生命周期信息进行多层次、立体化的展示。可基于面向服务的体系结构的 SOA 架构设计支持动态数据处理，面向数据流在采集、处理、存储、应用等不同阶段，利用对物品全生命周期追溯流处理分析的可视化展示及细粒度数据监控管理工具，实现信息的便捷查询。从技术角度来看，查询者可获得一个或多个符合查询规则及访问控制策略的资源位置信息，从而可以与真正的信息服务器建立后续的安全连接并访问资源。在整个过程中，需要公安管理机构作为访问控制策略的逻辑生成者、动态维护者解析标识间映射关系以及可变的访问控制需求。每一次解析逻辑的生成都是根据查询条件的变化而变化的。同时，为防止查询者身份和查询内容的泄露，匿名信息的生成需要安全基础设施和客户端等共同参与完成，借助门限技术的思想，任何单方均无法恢复出真实身份。

4 物联网标识技术发展趋势

物联网通过标识来识别各个层次各类资源，如传感器节点、智能手机、信息服务器，都是物联网体系中需要和可以标识及寻址的对象，这也是物联网支撑各种丰富应用最基本和重要的环节。然

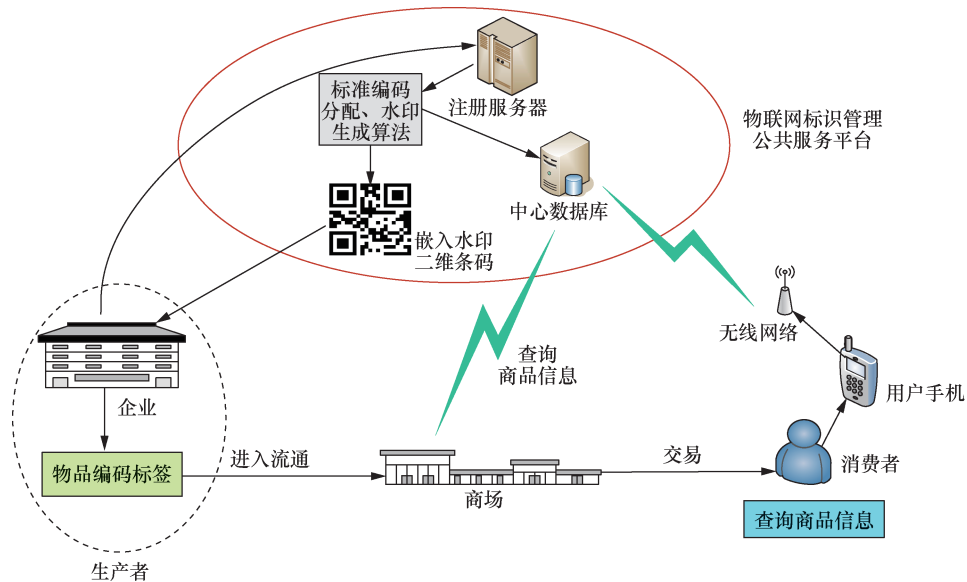


图 6 商品溯源应用体系

而，即使是同一层面的物联网标识，各国家、各组织也分别从自身利益出发，设计了多种异构的、无法互相兼容的编码规则。仅以 RFID 为例，就有 EPCglobal 设计的 EPC 编码、中国商务部设计的 CPC 编码、日本 uID 中心设计的 uCode 编码和韩国互联网发展局设计的 mRFID 编码等。可以预见，在很长一段时间内，物联网标识异构化的现象会随着物联网的发展以及各国对其战略地位重视程度的加深愈演愈烈。

对于标识的解析，当前主要以各组织对其特定编码规则的支持为主，鉴于对互联网既有基础资源的充分利用以及标识服务本身和互联网当前资源解析服务存在的共通之处，业界普遍认为采用基于域名系统的物联网标识解析是最可行的方案，比如 EPCglobal 的物品名字服务和 uID Center 专有的寻址解析协议泛在编码解析协议（uCodeRP, uCode resolution protocol），DONA 的 Handle 协议，ISO/IEC 与 ITU-T 联合研究的基于 OID 的解析系统，都是通过 DNS 进行最基本的标识解析。

从长远发展的角度看，一方面，需要加强制订和推广具有自主编码规则的物品标识体系的力度，以把控物联网发展的战略优势；另一方面，设计支持物联网异构编码规则的泛在标识服务体系是不断深化物联网应用推广，构筑高效、安全、可信物联网体系架构的基石。

5 结束语

当前物联网的应用仍然集中在个别领域，用于满足某些特定需求，从而造成物联网整个服务体系比较单一，而且应用和发展相对封闭和孤立。随着未来物联网应用的繁荣，其体系架构必定是异构的、多层次的和分布式的。该标识服务体系应处于物联网标识体系层面和物联网应用层面之间，从而实现物联网海量资源和丰富应用之间的有机桥接，如图 7 所示。

该标识服务体系应融合各种物联网标识，如用于定位资源的通信标识（如 MAC 地址和 IP 地址等）、唯一识别物品的标识（如 EPC 编码和 uID 编码等）以及上层应用的服务标识（如 URI 和 URL 等^[19]）。泛在标识映射平台应采用分布式的对等架构，不仅在技术层面把控物联网基础服务的国家主权，而且能够保证物联网海量数据资源映射的高效稳定。在映射平台之上，应构造保证物联网应用高效、安全、可信的三大支撑体系。

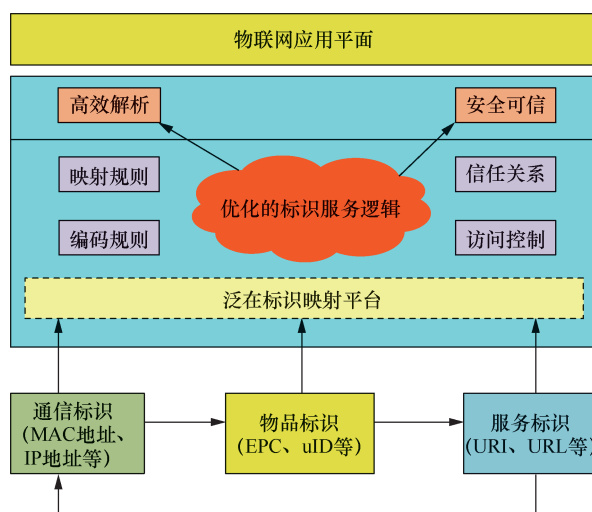


图 7 未来物联网体系架构

1) 管理体系

主要包括对标识编码规则的定义以及标识之间映射关系的规则管理。前者用于定义各层次的资源标识方式，如为了更好地支持未来异构标识的跨领域可解析和标识体系的可扩展，可采用分段式的编码规则。为了保证标识信息的安全性，可嵌入扁平式的编码字段。后者根据应用需求定义标识之间的映射关系，如可通过通信标识和服务标识之间的映射实现服务的定位。通过物品标识和服务标识之间的映射实现物品信息的检索。

2) 安全体系

主要包括信任关系的维护以及访问控制规则的管理。前者用于建立动态的安全业务逻辑，如在供应链各参与方之间共享信息时建立的安全关联，物联网跨领域应用中各实体之间业务逻辑的安全关联等；后者用于保证物联网应用中信息访问的可管可控，如物联网信息服务对特定用户的访问权限设定，发现服务中根据用户身份定制的服务视图等。

3) 标识服务逻辑体系

基于上述管理体系和安全体系，结合标识信息以及物品本身具备的时空属性（非标识信息）构造智能、优化的标识服务逻辑，通过开源的操作方式，支撑高效的标识服务流程（如解析和发现）以及安全可信的解析数据交互，并通过标准的接口呈现给最终应用。

上述标识服务体系以物联网各层次标识为入口，通过融合物联网管理逻辑和安全需求，构造一体化的物联网标识服务，实现物联网资源的优化整合，并以标准接口方式支撑物联网各种应用。

参考文献:

- [1] 徐勇军, 刘禹, 王峰. 物联网关键技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- XU Y J, LIU Y, WANG F. The key technologies of Internet of things[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2012.
- [2] 中国互联网络信息中心. 第41次中国互联网发展研究报告[R]. 2018.
- China Internet Network Information Center. The 41st China Internet development research report[R]. 2018.
- [3] 中国经济信息社江苏中心. 2016-2017中国物联网发展年度报告[R]. 2017.
- China Economic Information Agency Jiangsu Center. The development annual report of China Internet of things from 2016 to 2017[R]. 2017.
- [4] 前瞻产业研究院. 2018-2023年中国传感器制造行业发展前景与投资预测分析报告[R]. 2018.
- Forward-looking Industry Research Institute. The development prospects and investment forecast analysis report of China sensor manufacturing industry from 2018 to 2023[R]. 2018.
- [5] MOCKAPETRIS P. Domain names-concepts and facilities[C]//IETF RFC 882. 1983.
- [6] MOCKAPETRIS P. Domain names-implementation and specification[C]//IETF RFC 883. 1983.
- [7] ARMEN F, BARTHEL H, BURSTEIN L, et al. The EPCglobal architecture framework[S]. EPCglobal, Standard Specification: Final Version 1.3, 2009.
- [8] ITU-T X. Information technology-open systems interconnection-object identifier resolution system: ISO/IEC 29168[S]. 2009.
- [9] KOSHIZUKA N, SAKAMURA K. Ubiquitous ID: standards for ubiquitous computing and the Internet of things[J]. IEEE Pervasive Computing, 2010, 9(4): 98-101.
- [10] EPCglobal Inc. Object name service (ONS) V.2.0.1[S]. 2012.
- [11] URDANETA G, PIERRE G, STEEN M V. A survey of DHT security techniques[J]. ACM Computing Surveys, 2011, 43(2): 800-849.
- [12] 张成海, 罗秋科, 李素彩, 等. 物联网标识体系 物品编码 Ecode[S]. GB/T 31866-2015, 2015.
- ZHANG C H, LUO Q K, LI S C. Internet of things identification system item Ecode[S]. GB/T 31866-2015, 2015.
- [13] 石蕾, 袁伟, 程女范, 等. 科技资源标识[S]. GB/T 32843-2016, 2016.
- SHI L, YUAN W, CHENG N F, et al. Technology resources logo[S]. GB/T 32843-2016, 2016.
- [14] COX R, MUTHITACHAROEN A, MORRIS R. Serving DNS using a peer-to-peer lookup service[C]//The 1st International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS'02). 2002: 155-165.
- [15] FABIAN B, GUNTHER O. Security challenges of the EPCglobal network[J]. Communications of the ACM, 2009, 52(7): 121-125.
- [16] ALFARO J G, BARBEAU M, KRANAKIS E. Analysis of threats to the security of EPC networks[C]//The 6th Annual Conference on Communication Networks and Services Research Conference (CNSR'08). 2008: 67-74.
- [17] EPCglobal Inc. EPCglobal discovery services 1.0[S]. 2010.
- [18] SUN S, LANNOM L, BOESCH B. Handle system overview[M]. IETF RFC 3650, 2003.
- [19] LEE T B, FIELDING R, MASINTER L. Uniform resource identifiers (URI): generic syntax[M]. IETF, RFC 3968, 1998.

[作者简介]



田野 (1979-), 男, 博士, 中国科学院副研究员、硕士生导师, 中国科学院计算机网络信息中心物联网信息技术与应用实验室常务副主任、广州中国科学院计算机网络信息中心副主任, 中国计算机学会高级会员, 中国互联网协会青年专家, CCF 大数据专家委员会通讯委员, 林业产业联合会流通分会专家委员会委员,

长期从事物联网标识相关关键技术研发及其产业化推动工作。国家发展和改革委员会“物联网标识管理公共服务平台”项目执行负责人, 负责整个项目的技术架构、技术研发、平台部署和产业化应用等。已发表学术论文 30 余篇, 申请国家发明专利 30 余项, 授权专利 12 项。主要研究方向为物联网技术与应用、工业互联网、智慧城市、下一代互联网、网络安全等。

刘佳 (1984-), 女, 中国科学院工程师, 主要研究方向为物联网、工业互联网、大数据。

申杰 (1985-), 男, 广州中国科学院计算机网络信息中心科技处处长、工程师, 主要研究方向为物联网、下一代互联网。