

物联网安全

第一章 物联网概述

冀晓宇
浙江大学

1 物联网概述

- 1.1 物联网的历史
- 1.2 物联网的定义
- 1.3 物联网的架构
- 1.4 物联网的关键技术
- 1.5 物联网的技术形态
- 1.6 物联网的应用场景

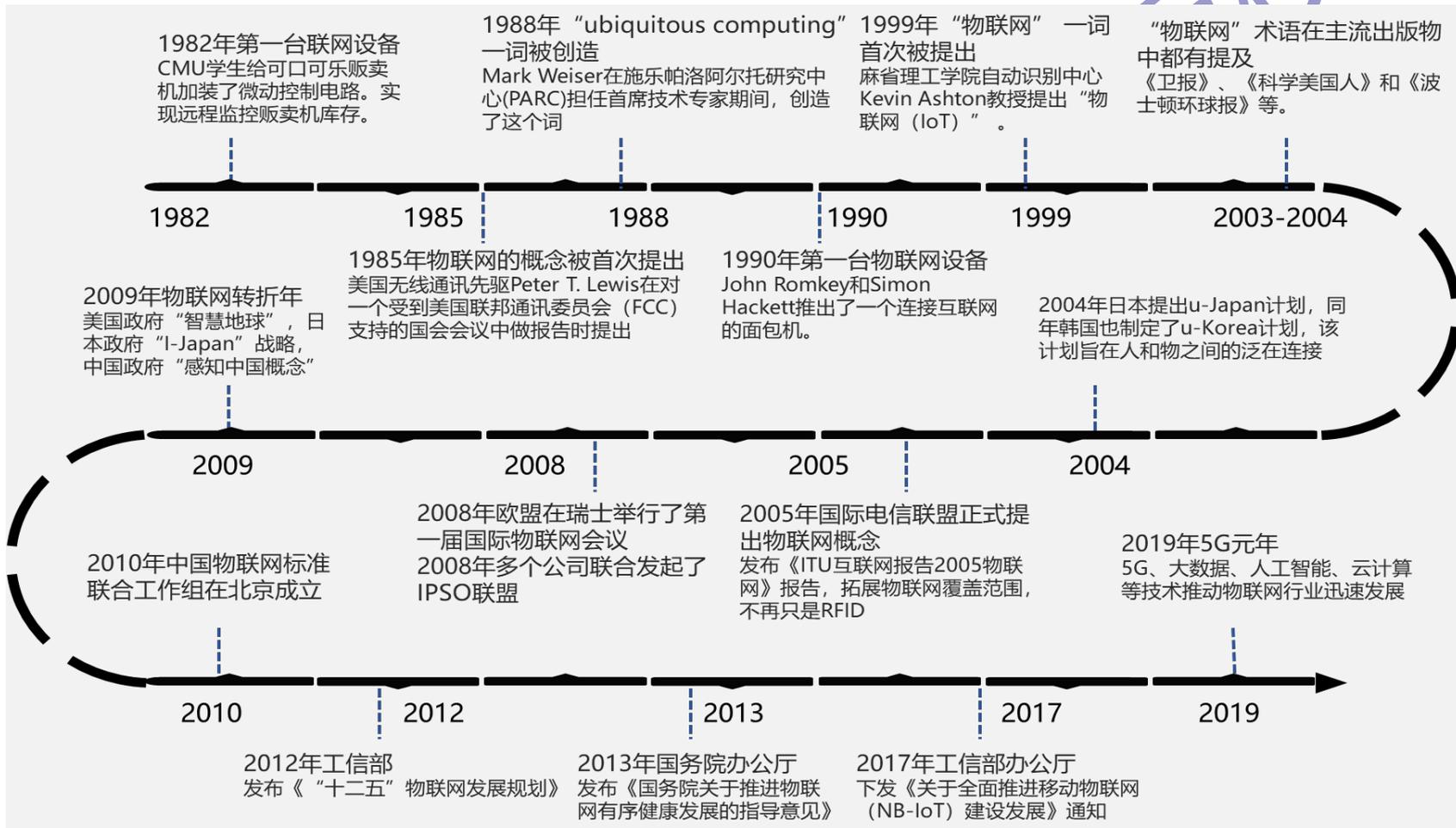
内部使用, USSLAB版权

1.1 物联网的发展历史

- 1.1.1 物联网的发展历史
- 1.1.2 物联网的三个阶段

内部使用, USSLAB 版权

1.1.1 物联网的发展历史



1.1.1 物联网的发展历史

- 从物联网概念雏形的提出到物联网进入爆炸式发展，其发展历史可以分为三个阶段：
 - **单点联网**：概念雏形，设备可以联网；
 - **连接感知**：设备连接构成网络，如RFID、传感网；
 - **有感有控**：设备互联、感知并控制物理世界。



1.1.2 物联网的三个阶段

■ 第一阶段：设备“单点联网”阶段

- 1982年，第一台联网设备CMU学生实现**可口可乐贩卖机**库存远程监控
- 1985年，Peter T. Lewis 提出物联网的概念（**互联网仍未普及!**）
- 1988年，Mark Weiser在施乐帕洛阿尔托研究中心（PARC）担任首席技术专家期间，创造了“ubiquitous computing”，即“普适计算”
- 1990年，John Romkey首次通过TCP/IP协议将**烤面包机**连接到互联网。一年后，剑桥大学的科学家提出了使用第一个网络摄像头监视本地实验室**咖啡壶**的想法
- 1995年，比尔·盖茨在出版的《未来之路》一书中提及万物互联
- 1998年，麻省理工学院提出了当时被称作EPC(Electronic Product Code)系统的物联网构想

1.1.2 物联网的三个阶段

- 第二阶段：设备“**连接感知**”阶段，如RFID、WSN
 - 1999年，麻省理工学院**自动识别**中心（MIT Auto-ID Center）Kevin Ashton教授再次提出“物联网（the internet of things）”一词，这成为物联网历史上最重要的一年
 - 2000年，LG公司宣布了第一个**互联网冰箱**计划，用户可以在线购物和进行视频通话
 - 2004年，日本总务省提出u-Japan计划，同年韩国也制定了u-Korea计划
 - 2005年，世界信息峰会上，国际电信联盟发布了《ITU互联网报告2005：物联网》，其中指出“物联网”时代的来临
 - 2009年，IBM提出“Smart Planet”构想，并指出“物联网将成为数据的海洋”。美国政府将“**智慧地球**”概念提升到国家级发展战略，日本政府推出“I-Japan”战略，中国政府提出了“**感知中国**”概念

1.1.2 物联网的三个阶段

- 第三阶段：设备“有感有控”阶段，标准化发展
 - 2010年6月：中国物联网标准联合工作组在北京成立，我国开始推进物联网技术的研究和标准的制定
 - 2012年2月，为加快物联网发展，中国工业和信息化部发布《物联网“十二五”发展规划》
 - 2013年2月，国务院办公厅发布《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》。同年3月发布《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030年）》
 - 2016年7月，十八届五中全会通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》
 - 2017年6月，工信部办公厅下发了《关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展》的通知
 - 2019年5G元年，5G通信技术和产业大力推行，并推动了物联网行业发展；云计算和边缘计算也相继成为物联网数据存储、数据处理的核心组成部分

Open discussion

- 第四阶段是什么？
- 例如，互联网、大模型、具身智能.....

内部使用，USSLAB版权

1.2 物联网的定义

- 1.2.1 物联网的定义
- 1.2.2 物联网的核心特点
- 1.2.3 物联网与互联网的异同
- 1.2.4 物联网的内涵和外延

内部使用, USSLAB 版权

讨论

- 你觉得什么是物联网？列举你日常生活中接触到的物联网例子.....



1.2.1 物联网的定义

- 观看视频



1.2.1 物联网的定义

■ 定义1

物联网是通过二维码识读设备、射频识别（RFID）装置、红外感应器、全球定位系统和激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，**把任何物品与互联网相连接**，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

■ 仍然属于RFID的范畴！

(2005年，国际电信联盟(ITU)，《ITU互联网报告：物联网》)

1.2.1 物联网的定义

■ 定义2

物联网是一种物、人、系统和信息资源互联的基础设施，结合智能服务，使其能够处理物理和虚拟世界的信息并作出响应。

■ 作为一种服务，上升到基础设施层面。

1.2.1 物联网的定义

■ 现状：物联网定义视角多样、缺乏统一

物联网还没有一个准确且公认的定义。首先，物联网理论体系没有建立，不同行业人员认识具有差异；其次，物联网和互联网、移动通信网络、传感网等密切关系，具有共性但又不同。

■ 本课程采用的定义

物联网是通信网和互联网的**延伸**，它利用**感知技术与执行装置**对物理世界进行**感知和控制**，通过网络传输互联，进行计算、处理和知识挖掘，实现**人与人、人与物、物与物**信息交互，达到对物理世界**实时控制、精确管理和科学决策**目的。

1.2.2 物联网的核心特点

■ 特点一：“有感有控”

感知是物联网的基本功能，控制是物联网的应用目的。物联网依赖于实体设备如传感器和执行器实现感知和控制，无所不在的感知识别和决策控制将传统上分离的物理世界和信息世界高度融合。



控制



动力

制动

转向

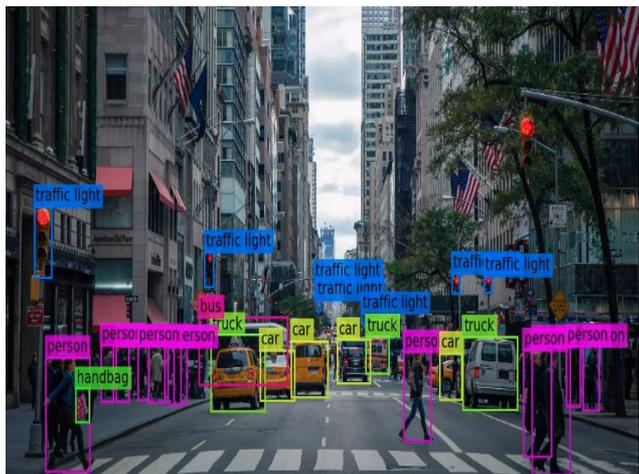
灯光

.....

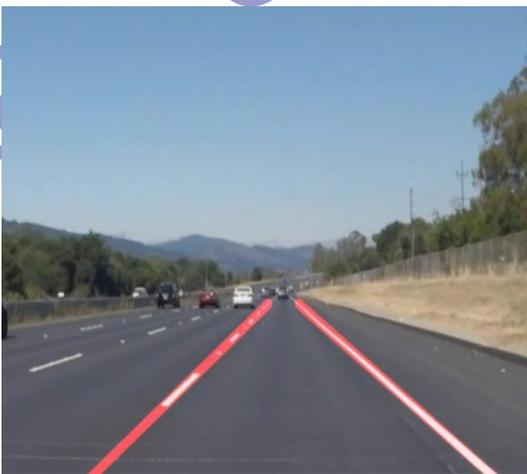
1.2.2 物联网的核心特点

■ 特点二：“业务耦合”

业务是指物联网系统为实现某一目标而进行感知、决策、控制等一系列工作时所执行的**事务流程**，是物联网的**固有属性**。物联网的设计、应用都是围绕某个具体的应用场景，按照一定的业务规则流程运作。



目标检测



车道线保持



路径规划

1.2.2 物联网的核心特点

■ 特点三：AI驱动

人工智能使得物联网更加智能，并诞生了**智联网（AIoT）**。结合人工智能的智联网AIoT成为了未来物联网发展的必然趋势。目前很多物联网系统，如自动驾驶汽车、智能手机等都使用了人工智能技术。



1.2.3 物联网与互联网的异同

■ 服务对象、业务内容、组网技术

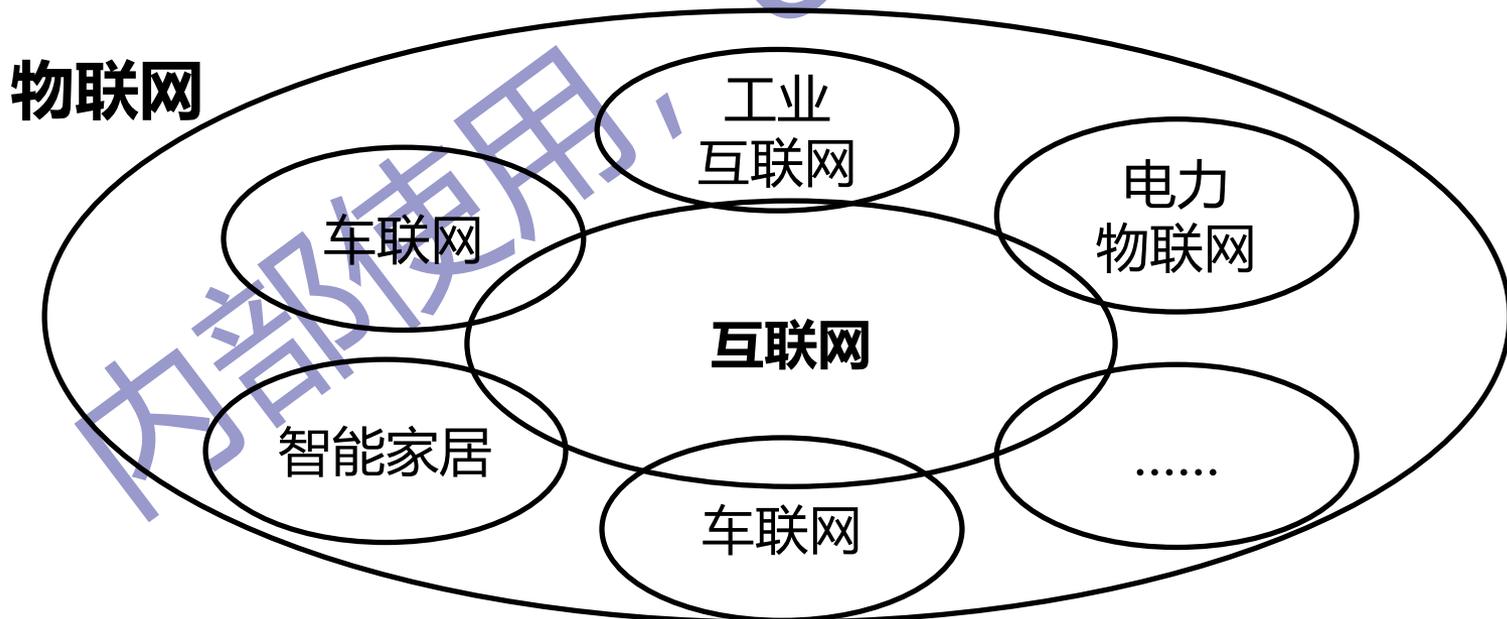
	服务对象	业务内容	组网技术
互联网	通过网络交换信息，为人提供信息，通常需要人进行直接操作	基本的网络连接功能，解决人与人的通信问题，实现人与人之间的信息交互与共享	实现 用户与用户 间的交互，其终端设备具有 直接接入 互联网的能力
物联网	可以服务人，也可以服务物，不一定需要人在其中直接操作	业务内容 更加广泛 ，不仅提供人与人的通信，还实现 人与物、物与物 之间的通信和交互	在继承互联网组网技术的基础上，还包括大量终端设备接入互联网的无线通信技术

PS：物联网技术的**重要基础和核心**仍是互联网。

1.2.4 物联网的内涵和外延

■ 物联网 vs. 互联网 vs. 工业互联网

- 物联网包括很多垂直领域应用：如RFID和WSN是物联网的早期典型，电力物联网、车联网、智能家居是现今物联网的**典型应用**。
- **工业互联网**：**不是工业的互联网，而是工业互联的网**，是物联网的一个垂直领域案例。工业互联网比传统互联网更强调数据、充分的连接、数据的流动和集成以及分析的建模。



1.3 物联网的体系架构

- 1.3.1 物联网体系架构概述
- 1.3.2 “应用层-网络层-感知层”架构
- 1.3.3 “云-管-边-端”的物联网体系架构
- 其他架构：
 - 1.3.3 传感网络参考架构 (SNRA)
 - 1.3.4 ITU-T Y.2060物联网参考体系模型
 - 1.3.5 M2M架构

内部使用、SSLAB版权

1.3.1 物联网体系架构概述

- 架构定义：

- **具体系统**在实际设计过程中的**指导性框架**。

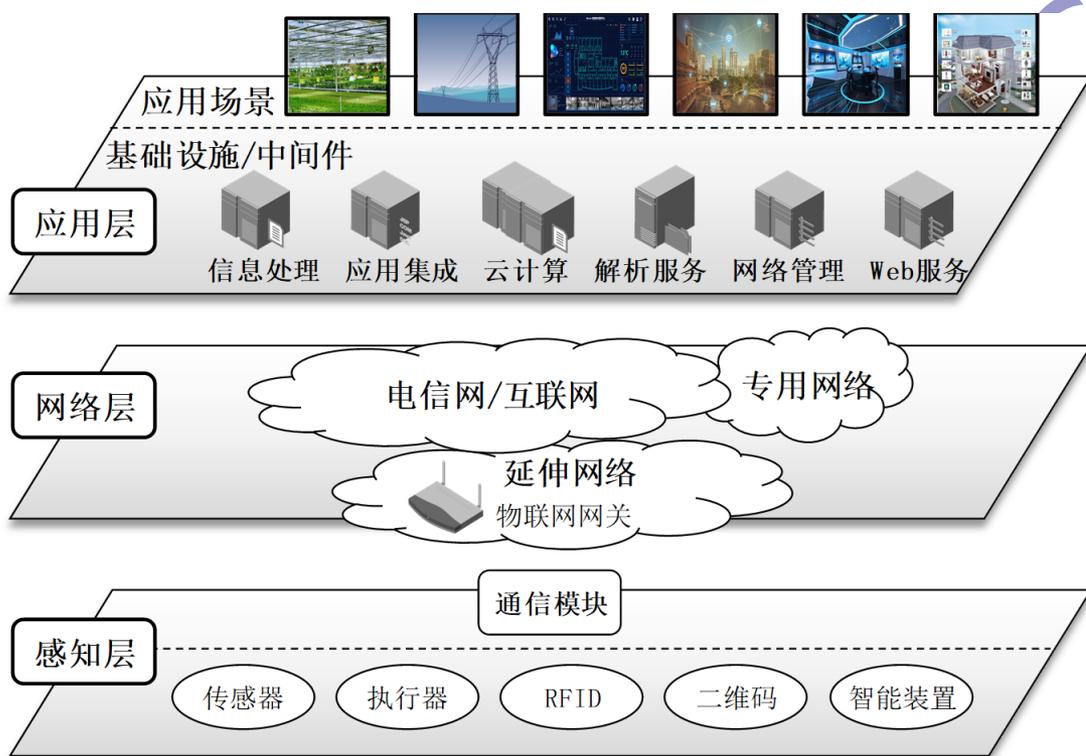
- 物联网体系架构挑战：

物联网的应用范围广泛、涉及行业众多，且不同行业对物联网设计过程中的具体诉求各不同，因此急需一个能够跨平台、跨应用的通用物联网体系结构。

- **Q：你如何设计一个物联网的架构，能够适用不同的场景比如车联网、智能家居等？**

1.3.2 “应用层-网络层-感知层” 架构

- 中国工业和信息化部电信研究院在《物联网白皮书2011》中给出了“应用层-网络层-感知层”的物联网架构。



应用层：包括应用基础设施/中间件和各种**物联网应用**。

网络层：主要实现**信息的传递、路由和控制**，包括延伸网、接入网和核心网，网络层可依托公众电信网和互联网，也可以依托行业专用通信网络。

感知层：实现对物理世界的智能感知识别、信息采集处理和自动控制，并通过通信模块将**物理实体连接到网络层和应用层**。

1.3.2 “应用层-网络层-感知层”架构

1. 应用层技术	(1) 云计算	3. 感知层技术	(1) 传感器技术
	(2) 人工智能		(2) 射频识别技术
	(3) 数据挖掘		(3) 微机电系统 (MEMS)
	(4) 物联网中间件		(4) GPS技术
2. 网络层技术	(1) Internet		(5) 二维码技术
	(2) 移动电话网络 (GPRS/CDMA/GSM)		(6) 无线传感器网络 (WSN) 技术
	(3) 广电网络		
	(4) NGB广域网络		

1.3.3 传感网络参考架构 (SNRA)

- **SNRA**: Sensor Network Reference Architecture, SNRA
- **国际标准化组织**提出了ISO/IEC 29182传感器网络参考架构系列标准。
国际三大标准化组织：分别为国际标准组织ISO、国际电工委员会IEC、国际电信联盟ITU
- 专注于提供一个**传感器网络的通用架构**，以满足网络设计人员、软件开发人员、系统集成商以及服务提供商的各种需求。

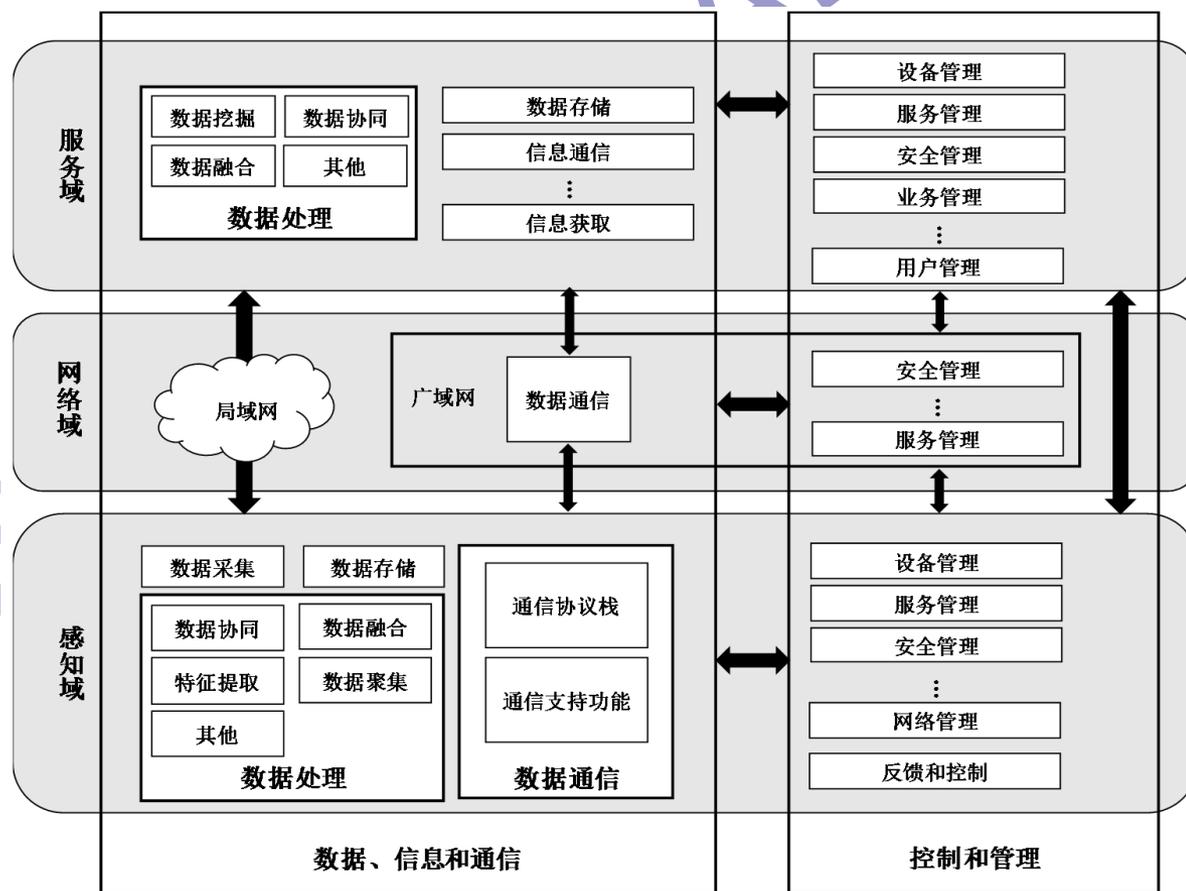
1.3.3 传感网络参考架构 (SNRA)

- ISO/IEC 29182共包括**7个部分**，其中ISO/IEC 29182-3提出了传感器网络参考架构，ISO/IEC 29182-4中给出了一个传感器网络的实体模型。
- 这一标准的提出的**主要目的**包括：
 - 为传感器网络的设计和开发提供指导；
 - 提高传感器网络间的协作性；
 - 实现传感器网络组件的“**即插即用**”，使得传感器节点能够轻易地加入（退出）网络。

内部使用

1.3.3 传感网络参考架构 (SNRA)

- ISO/IEC 29182-3 传感器网络架构将传感器网络参考架构分为感知域、网络域和服务域，并将其中的网络分为数据流和控制流。



内部

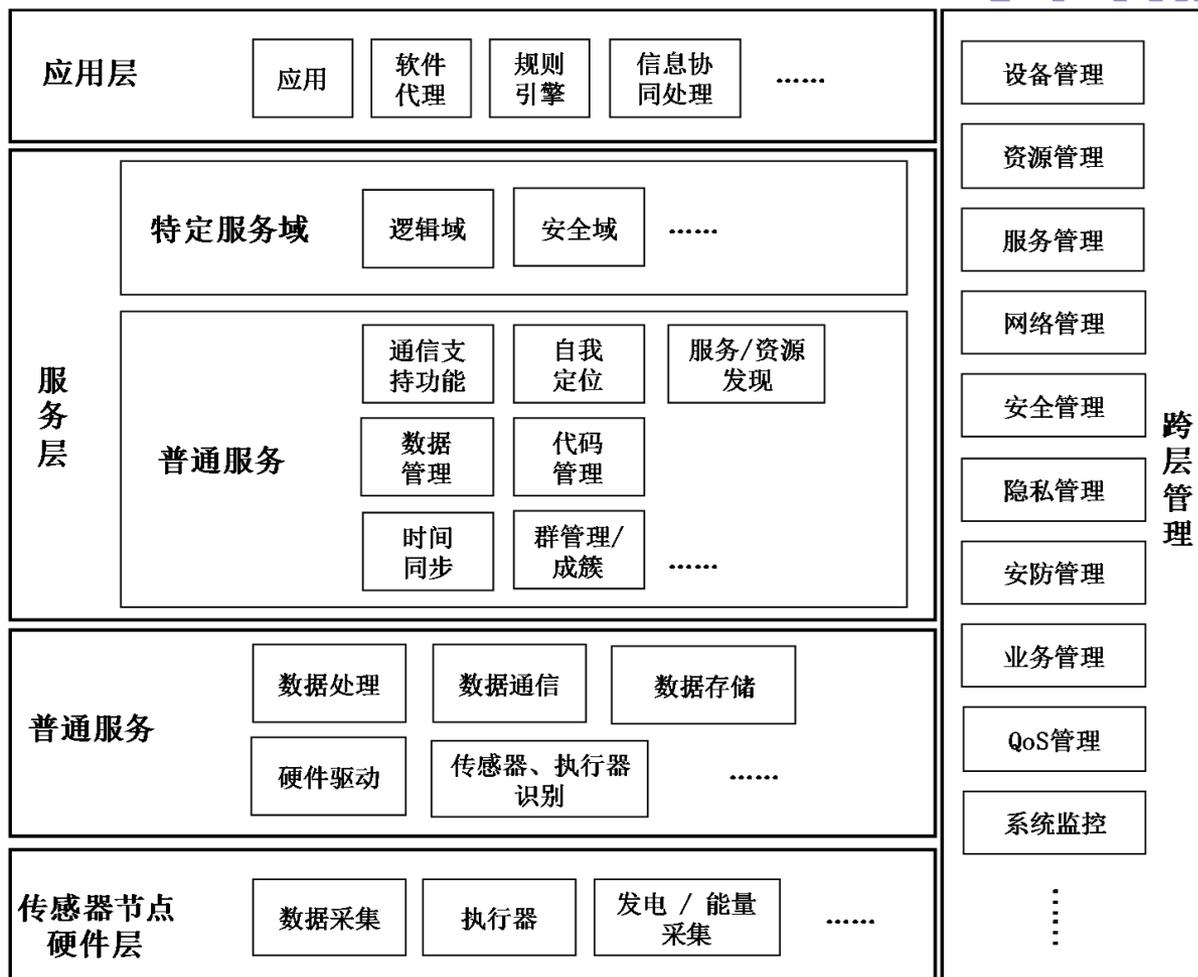
1.3.3 传感网络参考架构 (SNRA)

- ISO/IEC 29182-4中根据传感器网络参考架构模型实现了传感器网络应用和服务的**实体模型**，它提供了基本的关于构成传感器网络的各种实体的信息和高级模型。

内部使用，

1.3.3 传感网络参考架构 (SNRA)

■ 传感网络参考架构 (SNRA) 示意图



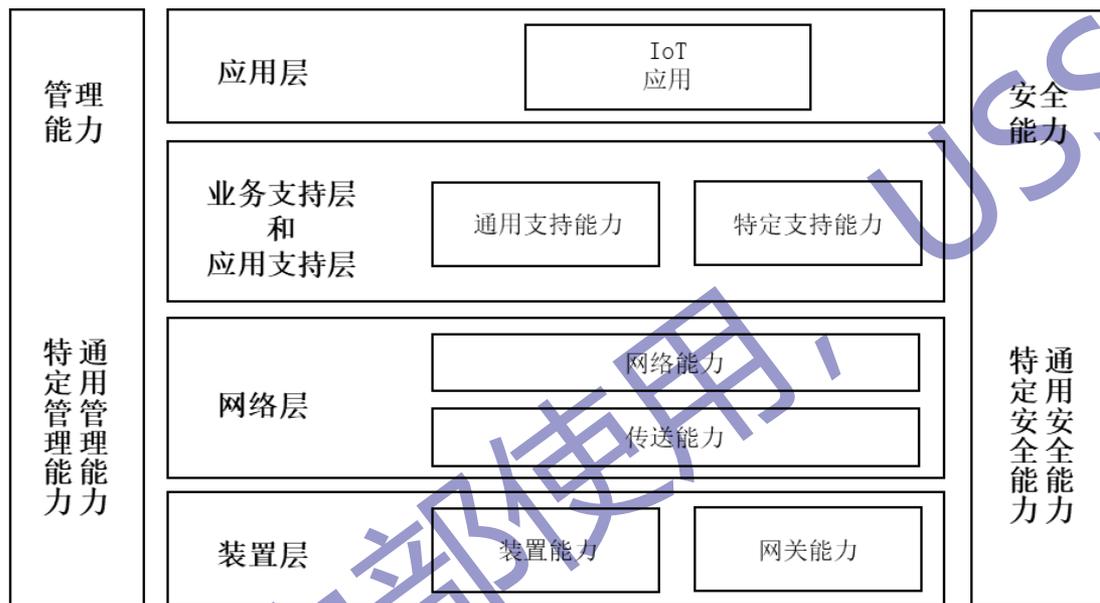
1.3.4 ITU-T Y.2060物联网参考体系架构

- 国际电信联盟（ITU-T）就物联网的体系架构提出了多个不同的标准，其中Y.2060物联网参考体系架构则是**由我国工信部电信研究院牵头**，国内外高校、科研机构、企业和标准组织共同协商完成的一份物联网标准，并于2012年由国际电信联盟正式审议通过。

内部使用

1.3.4 ITU-T Y.2060物联网参考体系架构

- Y.2060物联网参考体系架构分为如下**四层**



应用层：包含了物联网中的各类应用。

业务支持和应用支持层：包括通用支持能力和特定支持能力两种。

网络层：包含网络能力和传送能力。

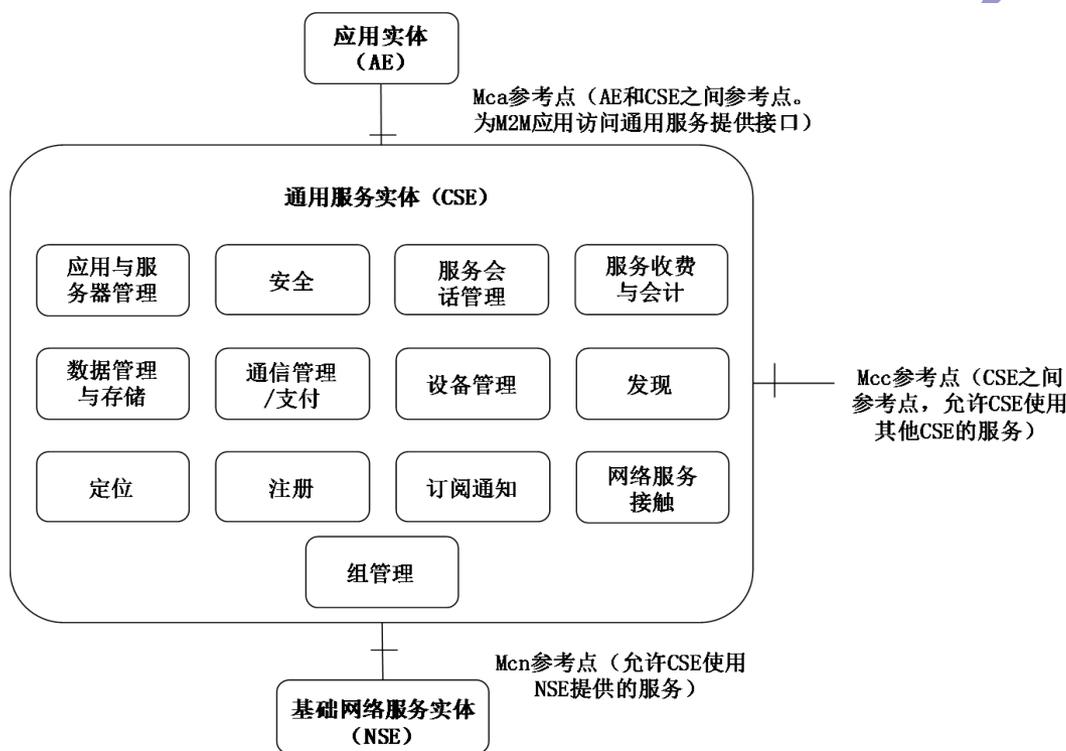
装置层：在逻辑上可分为装置能力和网关能力两类。

1.3.5 M2M架构(Machine-to-Machine)

- M2M架构是由**欧洲电信标准协会** (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 提出的物联网架构。
- M2M架构包含三个部分：
 - 应用实体 (Application Entity, AE)
 - 公共服务实体 (Common Services Entity, CSE)
 - 基础网络服务实体 (Underlying Network Services Entity, NSE)

1.3.5 M2M架构(Machine-to-Machine)

- M2M架构是由**欧洲电信标准协会**（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）提出的物联网架构。



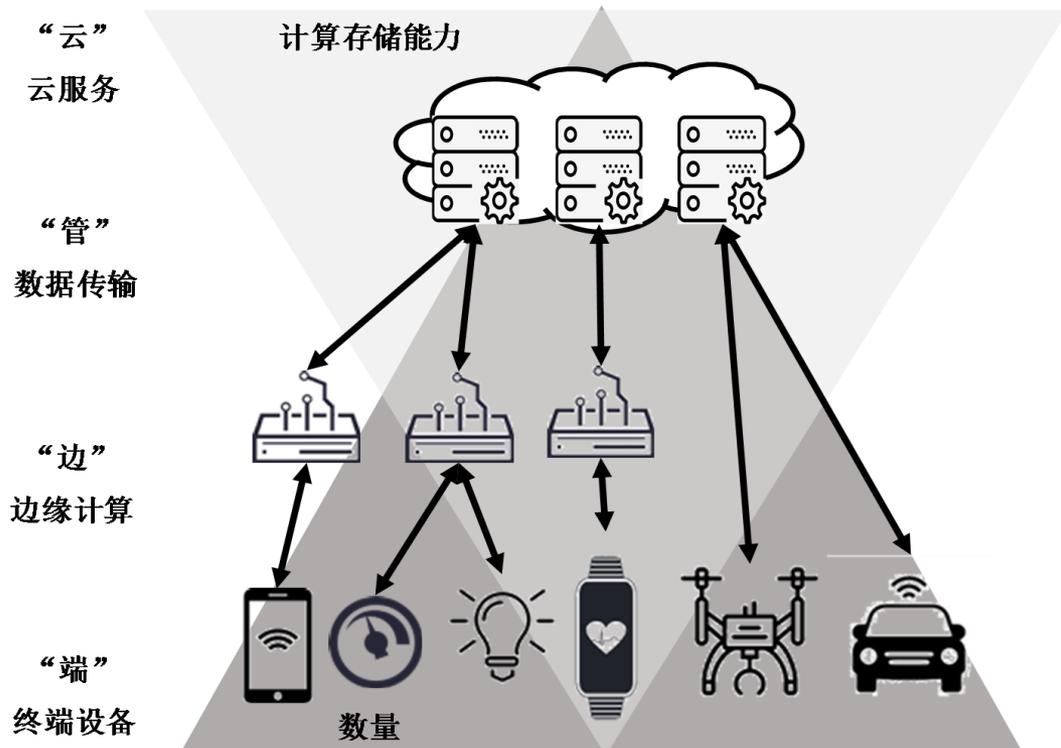
应用实体 (AE)：应用实体为端到端M2M提供应用逻辑的解决方案。如：车队跟踪，远程血糖监控应用，远程电能计量和控制等。

公共服务实体 (CSE)：公共服务实体包括一组由M2M环境所共有的“服务功能”。

基础网络服务实体 (NSE)：基础网络服务实体为CSE提供服务，包括设备管理，位置服务和设备触发等。

1.3.6 “云-管-边-端” 的物联网体系架构

- 物联网架构从上至下可被分为“云-管-边-端”。



“云-管-边-端” 物联网架构示意图

大脑

“云”：物联网业务的载体，基于人工智能、大数据等技术，通过信息智能处理，实现了多样化的业务。

血管

“管”：指接入网络和数据传输协议，如基础设施网络协议、工控网络协议、未知协议和私有协议的使用。物联网的“管”侧趋于多元化。

淋巴

“边”：部署在靠近终端设备的边缘节点，终端设备的部分数据直接在边缘节点进行处理，无需上传到云端。

末梢

“端”：物联网感知和控制物理世界的终端装置，由种类繁多的设备构成，如各类传感器和执行器。

1.3.6 “云-管-边-端”的物联网体系架构

■ “云”定义

面向物联网感知和决策的各种数据，基于人工智能和大数据技术，通过数据分析和处理实现某种特定功能业务的资源池。可以被看作一个提供可配置的计算、存储、服务等资源的系统，比如服务器、应用程序和服务，用户可以根据业务需求按需使用。

- 根据“云”的服务类型，如图所示，可将云服务分为三类：**软件即服务(SaaS)**、**平台即服务(PaaS)**和**基础架构即服务(IaaS)**。
- 云端具有强大的计算和存储能力。
- 详细内容参见后续“云安全”章节。

1.3.6 “云-管-边-端”的物联网体系架构

■ “云”定义

- **SaaS**: 软件即服务 (Software as a Service, 简称SaaS), 亦可称为“按需即用软件” (即“一经要求, 即可使用”), 它是一种软件交付模式^[1]。
- **PaaS**: 平台即服务 (Platform as a Service, 简称PaaS) 是一种云计算服务, 提供运算平台与解决方案服务。在云计算的典型层级中, PaaS层介于软件即服务与基础设施即服务之间^[2]。
- **IaaS**: 基础设施即服务 (Infrastructure as a Service, 简称IaaS) 是提供消费者处理、储存、网络以及各种基础运算资源, 以部署与执行操作系统或应用程序等各种软件^[3]。

☺ 举例: 如果你是一个网站站长, 想要建立一个网站, 怎么办?

[1]<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BD%AF%E4%BB%B6%E5%8D%B3%E6%9C%8D%E5%8A%A1>

[2]<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B9%B3%E5%8F%B0%E5%8D%B3%E6%9C%8D%E5%8A%A1>

[3]<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%BA%E7%A4%8E%E8%A8%AD%E6%96%BD%E5%8D%B3%E6%9C%8D%E5%8B%99>

1.3.6 “云-管-边-端” 的物联网体系架构

■ “云” 定义

	基础设施即服务 IaaS	平台即服务 PaaS	软件即服务 SaaS
用户个人维护	操作系统；应用程序安装、维护；存储；网络组件搭建（如主机防火墙）；	应用程序托管环境的设置选项；已部署的应用程序；	用户特定应用程序的配置；
云服务提供	网络、基础计算资源	存储、网络、操作系统、基础计算资源	部分应用程序功能、存储、网络、操作系统、基础计算资源
特点	费用因消费而异；服务高度可扩展；动态灵活	资源可以轻松扩展或缩小；提供各种服务以协助开发，测试和部署应用程序	用户不负责硬件或软件的更新；托管在远程服务器上；
例子	AWS（亚马逊）、CSC（Cisco）等	Heroku（Salesforce）、AWS Elastic Beanstalk 等	Workday、Go To Meeting

软件即服务
(SaaS)

平台即服务
(PaaS)

基础设施即
服务(IaaS)

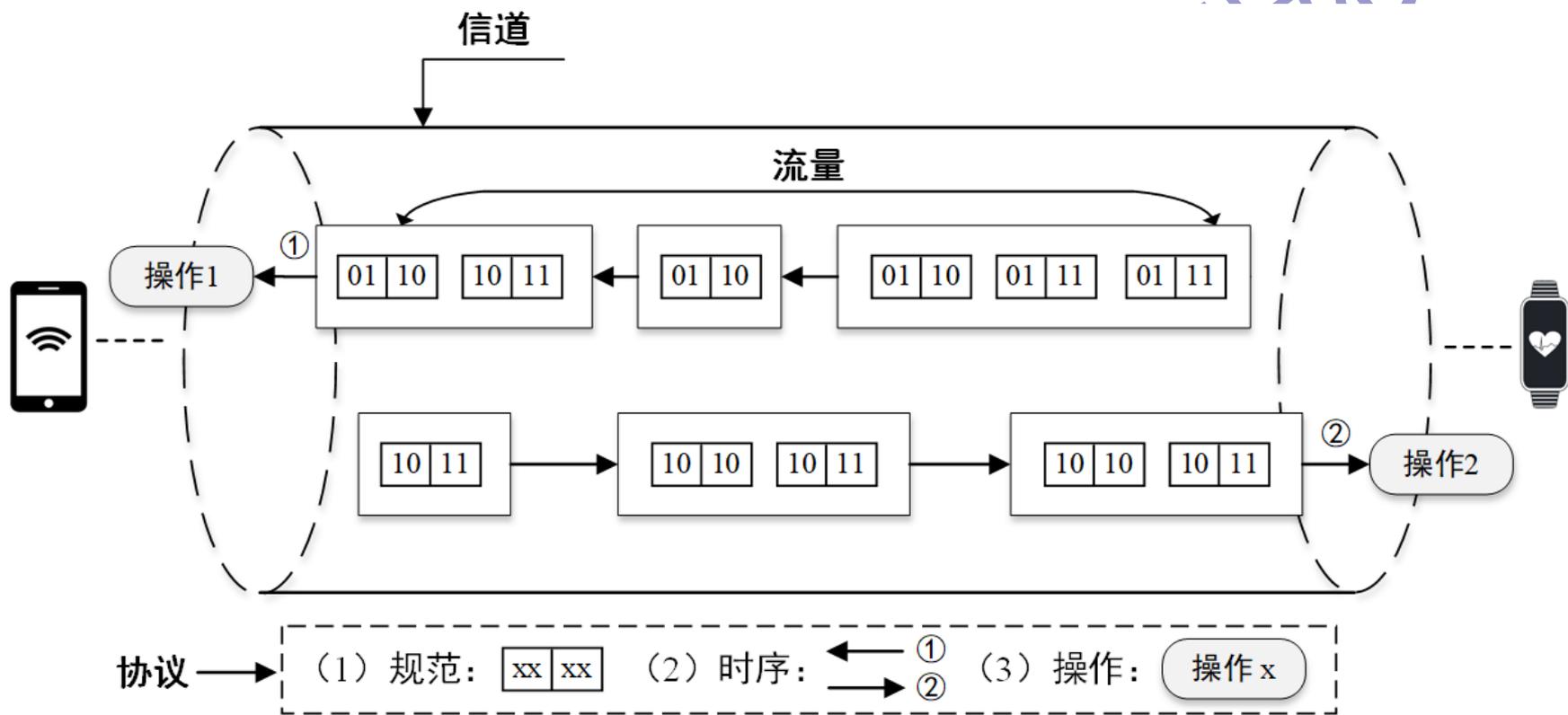
1.3.6 “云-管-边-端” 的物联网体系架构

■ “管” 定义

物联网的“管”是实现物联网设备之间通信的基础。管道由三个部分组成：**信道、流量与协议**。

- **信道**指的是信息传输的媒介，可理解为通信管道中的“管子”。例如，有线信道和无线信道，具体包括光纤、双绞线、空气、水等。解决“靠什么传”的问题。
- **协议**是设备在数据发送和接收时采取的操作，解决“按照什么规范传输”的问题。
- **流量**是指特定时间内通信管道中传输的数据量。特定的模式反映了终端的行为、特征、以及其设备类型。

管道概念图

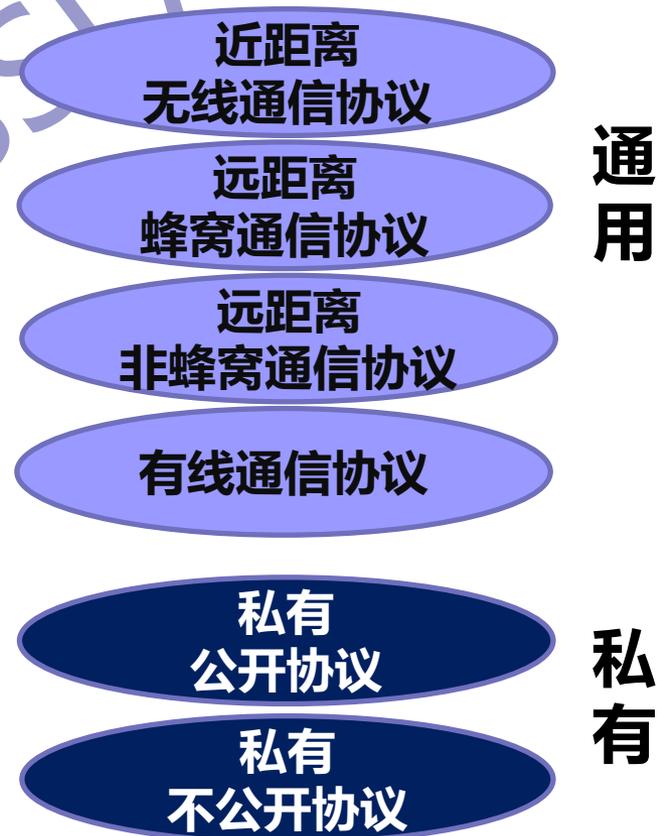
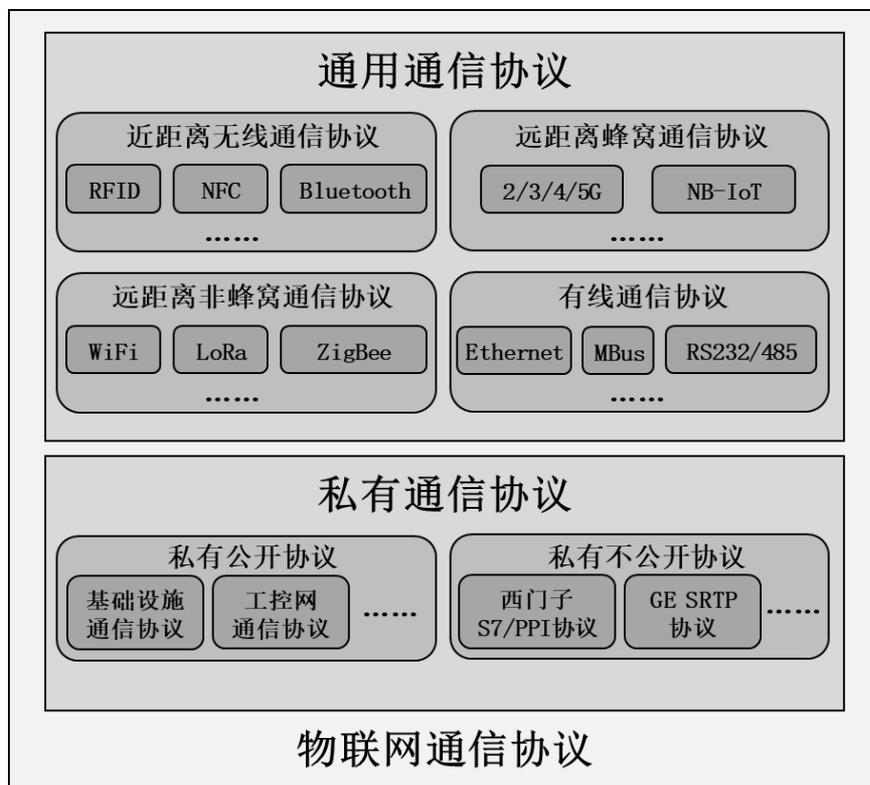


详细内容参见后续“管道安全”章节。

1.3.6 “云-管-边-端” 的物联网体系架构

■ “管” 定义

根据数据通信介质的不同，数据通信协议分为通用协议和私有协议。



1.3.6 “云-管-边-端”的物联网体系架构

■ “边”定义

物联网的“边”通常是物联网**具有较强算力**的智能终端设备，如网关或者及终端本身，通过边上的计算也称为边缘计算或者雾计算。

边缘计算相对于云计算而言，实施在终端设备上的边缘计算具有服务响应更快的特点，同时减少了数据向云端的上传，缓解了网络流量压力，并为数据安全和用户隐私提供了更好的保障。

■ 边缘计算/雾计算的特点

- 分布式和低延时、高效率、智能化、节能、缓解带宽压力等

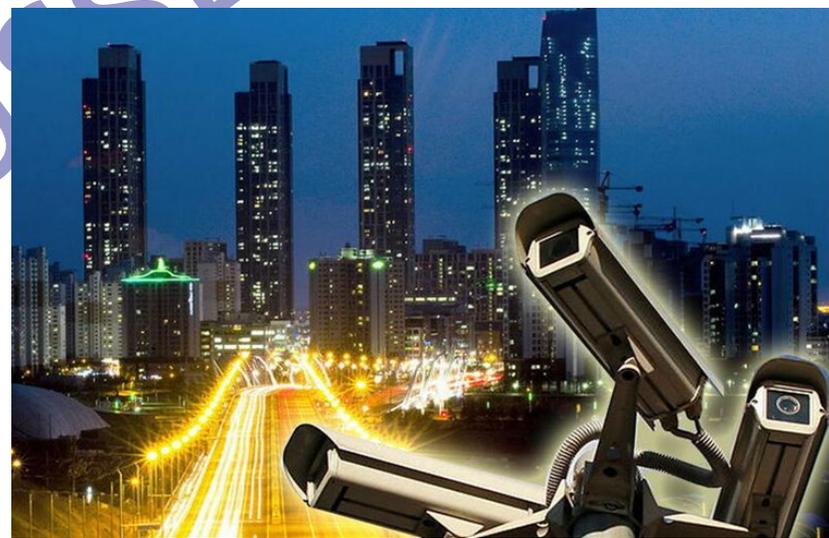
■ 详细内容见后续“边缘计算及其安全”专题

1.3.6 “云-管-边-端” 的物联网体系架构

- 边缘计算实例：减小数据传输量和延迟、保护隐私等



工控边缘计算



智能安防边缘计算

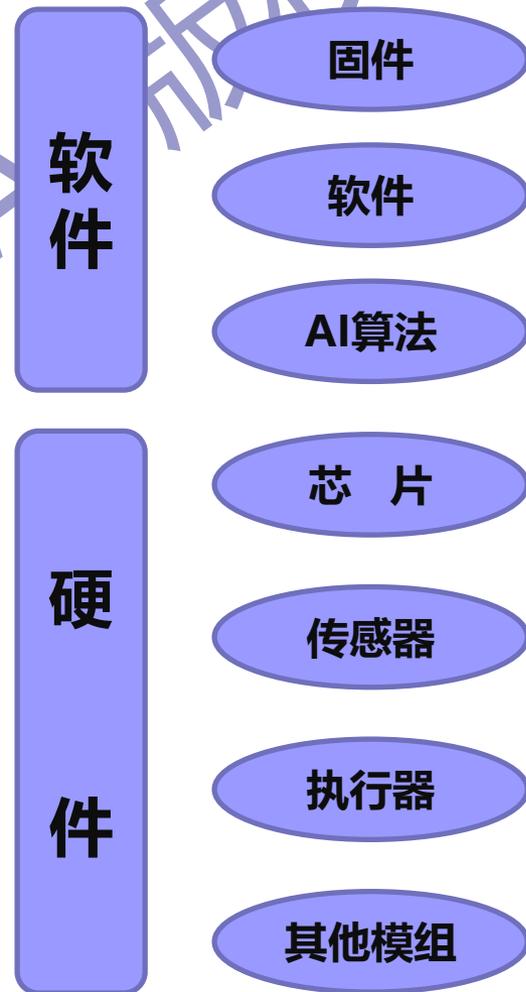
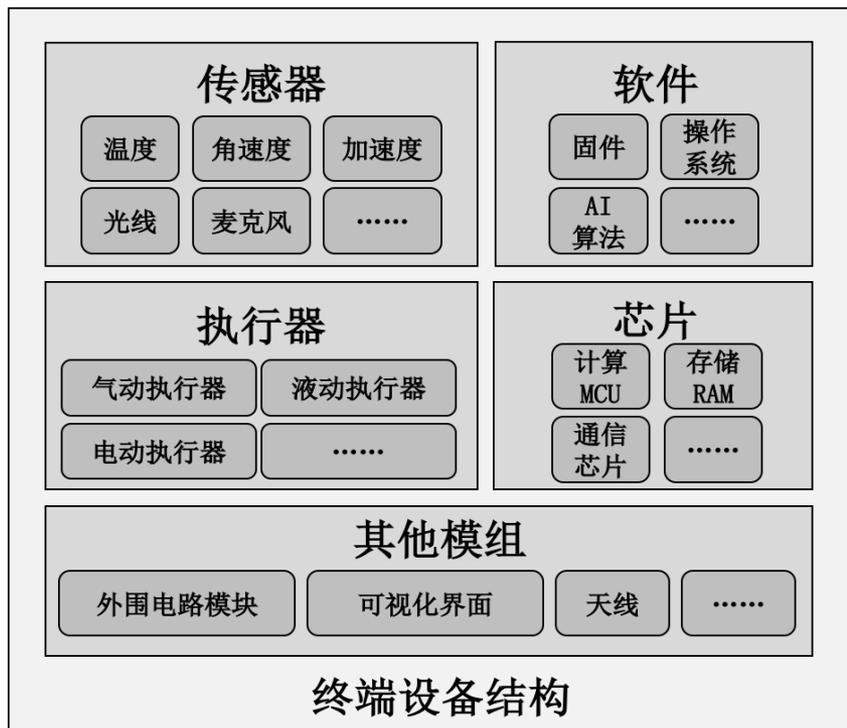
1.3.6 “云-管-边-端”的物联网体系架构

■ “端”定义

- 物联网的“端”是指对物理世界的**感知**和**控制**的终端设备。典型的物联网终端设备有智能电表、监控摄像头、智能音箱、智能手环、智能门锁等。
- 在“端”的实体设备中，部分设备仅具备**感知**，如烟雾报警器、智能电表等；部分终端设备则不仅能够感知物理世界，还具备**控制**其他设备或控制物理世界：如电力继电器、微网控制器、自动驾驶汽车等、智能门锁等。
- 用户能够通过多种控制方法，如语音、手势、文字控制等，实现对其他终端设备和物理世界的控制。

1.3.6 “云-管-边-端” 的物联网体系架构

“端” 的内涵



终端感控安全是物联网安全的本质，也是本门课程的重点关注和特色！

Open discussion

- How much further can we push computation to the very end?
- Edge or device or much further?
 - Example: machine learning sensor
 - Sensor-oriented privacy protection, i.e., privacy by birth
 - Sensor-side LLM? Possible?

1.4 物联网的关键技术

- 物联网基本功能是对物理环境的**感知控制、网络通信、数据传输以及数据处理**。
- 基于此，现阶段物联网的关键技术主要包括：
 - 传感器技术
 - 通信技术（5G）
 - 无线接入技术
 - 云计算技术
 - 边缘计算技术
 - 人工智能技术
 -

1.4.1 传感器技术

- **传感器**是物联网感知物理世界的**接口**，用于**感知物理世界的物理量**，如声音、光强、电场、磁场以及温度等。
- 传感器一般通过**换能原理**，将这些**多元的物理量转化为电信号**，并通过模数转换后以数字态的形式表达，以便进一步处理。

例如：温度传感器利用**热敏电阻**在不同温度下的电阻大小不同，通过温度与电阻值之间的映射，实现对环境温度的电信号表达，并最终以数字信号的形式保存下来。



超声波传感器



加速度传感器



加速度传感器



激光雷达

1.4.2 通信及组网技术

- **通信技术**可分为**有线通信**和**无线通信**，用于实现“物与物”之间数据和**控制指令**的传输。
- 有线通信的**可靠性更高**，但对系统的**部署条件有所约束**；无线通信的方式**提高了系统部署的灵活性**，但存在**更高的数据传输误码、丢包概率**。物联网的发展驱动和催生了多样化的无线通信方式。

考虑到物联网应用场景大多是户外、野外等难以实现有线通信的场景，因此物联网大多使用无线通信技术，如WiFi、ZigBee、蜂窝通信等。物联网通信技术还需要考虑实现终端设备的**组网**，以保障数据的高效定点转发和数据汇聚，降低数据传输能耗、延迟。



1.4.3 无线接入技术

- **无线接入技术**（radio interface technologies, 简称RIT），也称空中接口，是无线通信的关键问题。它是指通过**无线介质**将**用户终端**与**网络节点**连接起来，以实现用户与网络间的信息传递。
- 无线接入技术可以分为**固定接入技术**和**移动接入技术**，典型的无线接入系统主要由**无线网络用户**、**基站**、**无线连接**和**自组网**等几个部分组成。
- **常用的无线接入技术**主要包括WiFi（无线局域网）、ZigBee（无线局域网）、WiMAX（无线局域网）、3G/4G/5G（无线广域网）等。

1.4.4 云计算

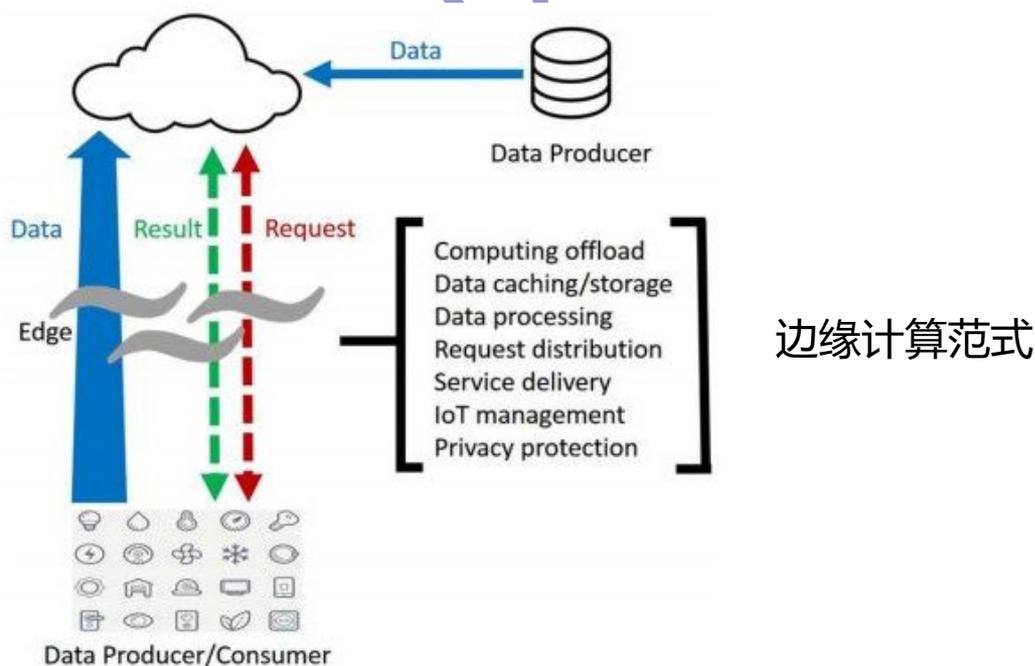
- **云计算**是随着虚拟化技术、处理器技术、分布式计算技术、宽带互联网技术和自动化管理技术的发展而产生的。
- 物联网大量的终端设备采集到了**海量的数据**，往往超出了终端设备的处理能力。为解决这一问题，**物联网考虑将数据上传到云端**，借助云端丰富的计算和存储资源满足物联网大量终端设备的数据、控制指令的处理需求。
- 云计算的**数据传输成本较高**，难以满足边缘业务的实时性需求，一些敏感业务的隐私数据上传也存在着**安全隐私风险**，如**病患隐私数据**。



云计算的范式

1.4.5 边缘计算

- **边缘计算/雾计算**，是指在靠近物或数据源头的一侧，采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的**开放平台**，**就近提供最近端服务**。
- 作为云计算的补充和优化，边缘计算在靠近终端节点的边缘部署计算节点，利用**分布式计算思想**，提供低延迟、智能化的高效计算，以满足诸如车联网一类**实时性要求较高的业务**的需求。



1.4.6 人工智能

- **人工智能**是一门关于知识的学科，研究如何表达知识、获得知识以及使用知识。人工智能**模仿人的某些思维推理方式**，借助计算机的**庞大计算能力**，依赖大量的原始知识，**推导演绎新的知识**。
- 物联网的大量终端设备所采集的数据为人工智能在物联网的应用**提供了数据基础**，同时人工智能的融入推动了物联网实现**智能化及自动化的感知、决策和控制**。
 - 无人系统：自动驾驶汽车、无人机
 - 智能家居：AI摄像头、AI路由器等
 - 电力物联网：智能断路器等
- **智联网 (AIoT)**是结合人工智能以及物联网的技术所形成的，是未来物联网的**必然趋势**！
- 同时人工智能本身具有安全问题，对物联网安全带来新的攻击隐患。

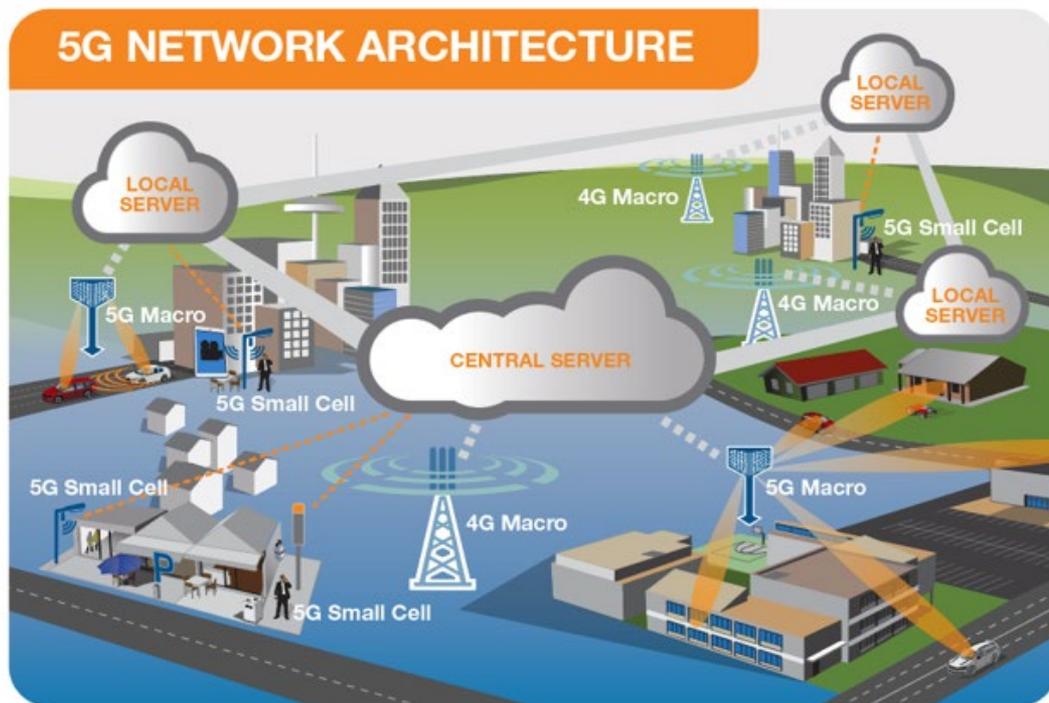
1.4.7 5G技术

- **5G：第五代移动通信技术**（英语：5th generation mobile networks或5th generation wireless systems、5th-Generation，简称5G或5G技术）是**最新一代蜂窝移动通信技术**，也是即4G（LTE-A、WiMax）、3G（UMTS、LTE）和2G（GSM）系统之后的延伸。
- **性能目标**：高数据速率、降低成本、减小延迟、提高系统容量、节省能源、大规模设备连接



1.4.7 5G技术工作原理

■ 5G网络架构



目前现状：5G和4G协同工作

中央和本地服务器为用户和低延迟应用程序提供**更快**的内容

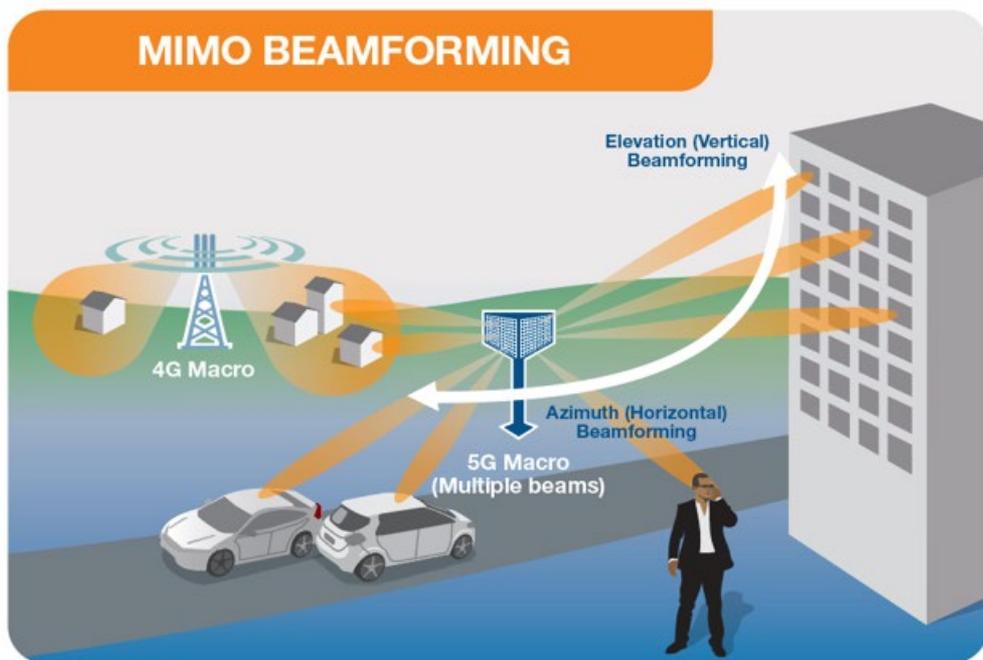
- **无线电接入网络**：小型蜂窝、塔楼、桅杆专用的室内和家庭系统，可将移动用户和无线设备连接到核心网络。
- **核心网络**：移动交换和数据网络，管理移动语音，数据和Internet连接。经过重新设计，可与基于Internet和云的服务集成，并在网络中分布服务器。
- **网络切片**：一种针对不同应用分割网络的智能方法—例如紧急服务

1.4.7 5G网络切片



1.4.7 5G技术工作原理

■ MIMO波束成形



- 面向用户的专用无线电信号核心网络
- 通过Massive MIMO技术实现
- 确定最有效的信号路径
- 提高连接可靠性
- 减少干扰（有害信号）
- 有效利用频谱和功率
- 允许更多同时数据流

关键点：波束成形更有效并降低平均RF暴露水平

1.4.7 5G技术工作原理

■ 波束成形现场示例



波束成形：墨尔本Telstra在2016年墨尔本5G试验中的示例绿点表示连接到5G货车在停车场中行驶的主动波束。

1.5 物联网的早期技术形态

- 1.5.1 自动识别技术与RFID
- 1.5.2 无线传感器网络 (WSN)

内部使用, USSLAB版权

1.5.1 自动识别技术与RFID

- 1.5.1.1 自动识别技术
- 1.5.1.2 RFID的历史和现状
- 1.5.1.3 RFID技术分析
- 1.5.1.4 RFID和物联网

内部使用，USSLAB版权

1.5.1.1 自动识别技术

- **自动识别**：应用一定的识别装置，通过被识别物品和识别装置之间的**交互活动**，自动地获取被识别物品的相关信息，并提供给后台的计算机处理系统来完成相关后续处理的一种技术。
- **光学字符识别**：（Optical Character Recognition, OCR），是**模式识别**（Pattern Recognition, PR）的一种技术，目的是使计算机知道它到底看到了什么，尤其是文字资料。OCR技术能使设备**通过光学机制识别字符**。

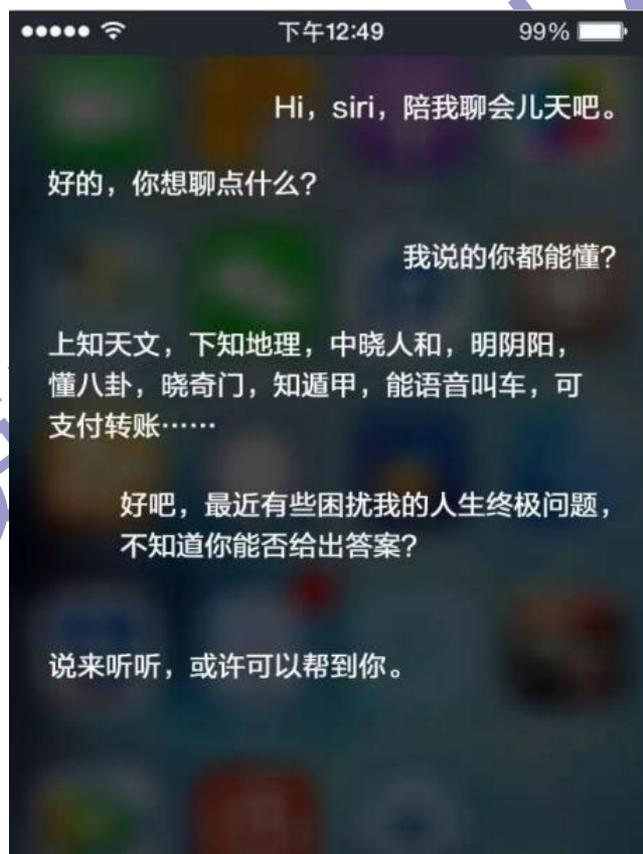
□ 示例



1.5.1.1 自动识别技术

- **语音识别**：语音识别研究如何采用数字信号处理技术自动提取及决定语言信号中最基本有意义的信息，同时也包括利用音律特征等**个人特征识别**说话人。

□ 示例



1.5.1.1 自动识别技术

- **IC卡技术**：IC卡（Integrated Circuit Card），即“集成电路卡”在日常生活中已随处可见。实际上是一种数据存储系统，如有必要还可附加计算能力。
 - 示例



内部

1.5.1.1 自动识别技术

■ 条形码技术：一维条形码

□ 定义

一维条码是将宽度不等的多个**黑条和空白**按照一定的编码规则排列，用以表达一组信息的图形标识符。是迄今为止使用最广泛的一种自动识别技术。

□ 分类：UPC、EAN、**ISBN**（**国际标准书号**）等

□ 示例



1.5.1.1 自动识别技术

■ 条形码技术：二维条形码

□ 定义

二维码利用**某种特定的几何图形**按一定规律在平面分布的**黑白相间的图形**记录数据符号信息的；在代码编制上巧妙地利用构成计算机内部逻辑基础的“0”、“1”比特流的概念，使用若干个与二进制相对应的几何形体来表示文字数值信息。具有存储量大、抗损性强、安全性高、印刷多样化、抗干扰能力强等特点。

- 代表性编码方法：矩阵式二维码，如Quick Response (QR) Code, Aztec等



QR Code



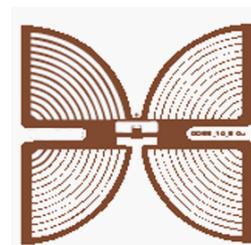
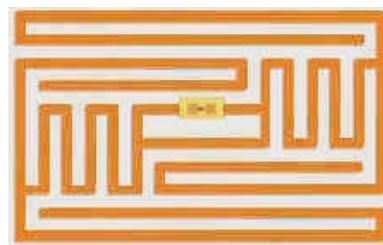
Aztec Code



PDF147

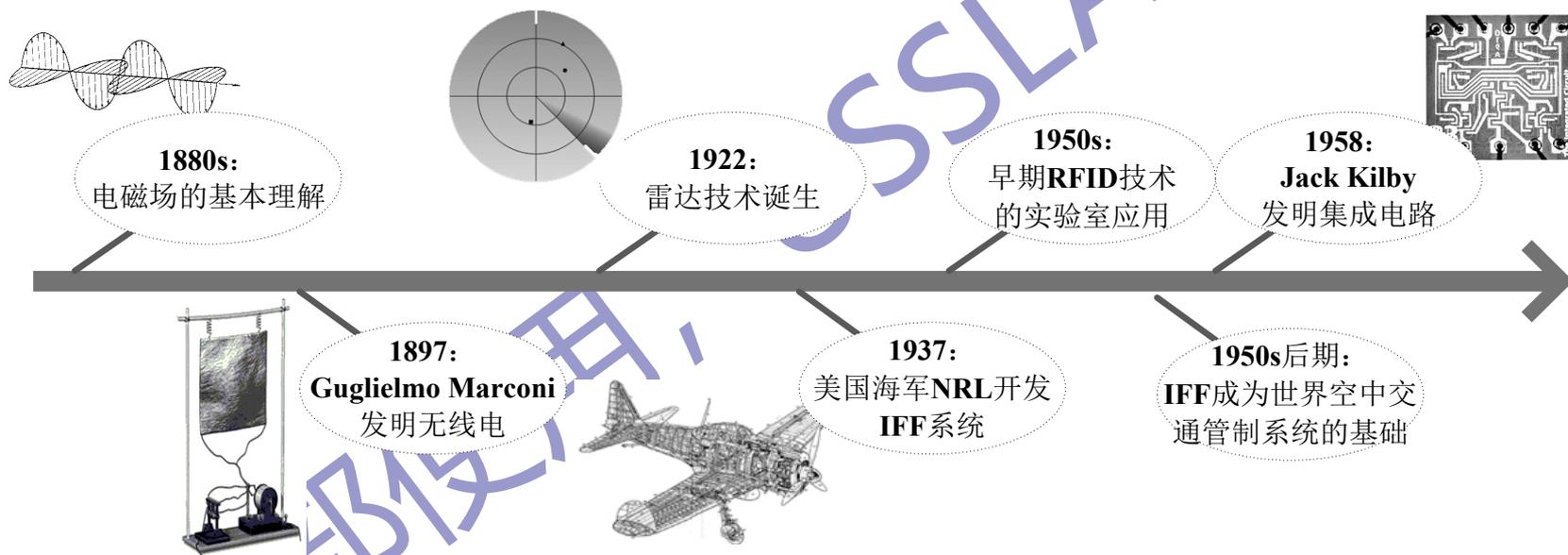
1.5.1.2 RFID

- **RFID**：射频识别技术（Radio Frequency Identification），利用射频信号通过**空间耦合**（**交变磁场或电磁场**）实现**无接触信息传递**并通过**所传递的信息**达到**识别目的**。
 - 示例：目前RFID技术的应用非常广泛，如：图书馆、门禁系统、物流追踪等。



1.5.1.2 RFID的历史和现状

■ 历史



趣闻：1992年，Identification Friend or Foe, (IFF) 二战历史上区分敌我方飞机

1.5.1.2 RFID的历史和现状

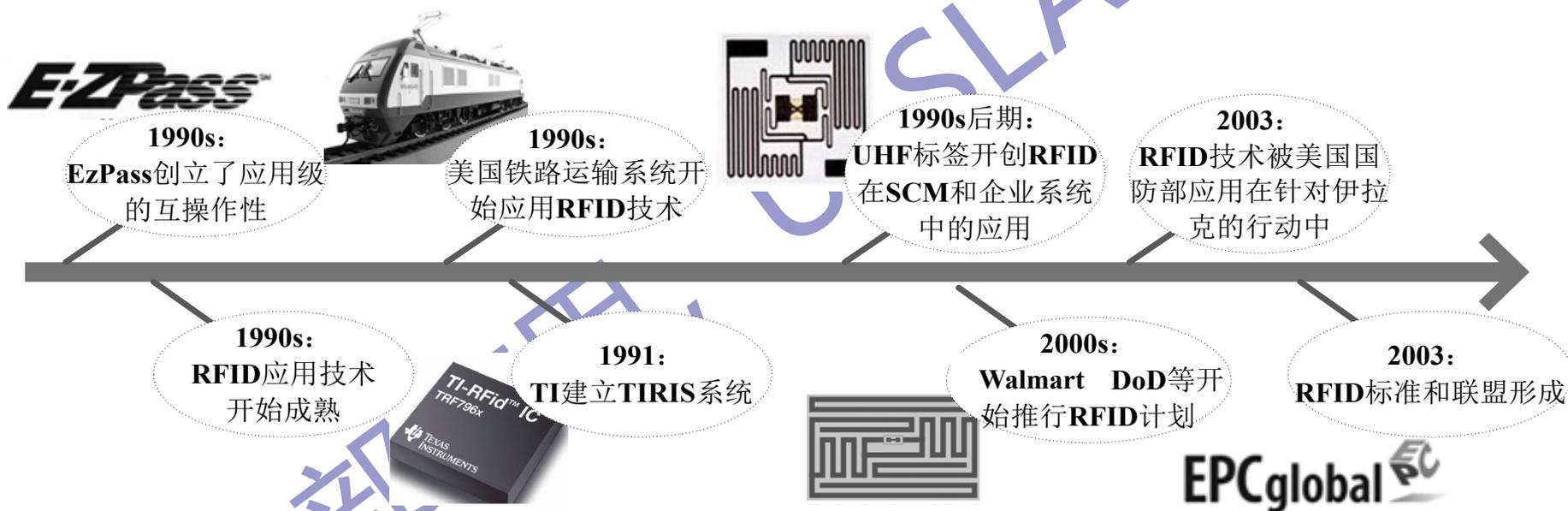
■ 历史



20世纪90年代蓬勃发展, 美国大量部署电子收费系统, ~ 3亿个RFID标签被安装在汽车尾部

1.5.1.2 RFID的历史和现状

■ 历史



21世纪初，零售巨头如沃尔玛及政府机构开始推进RFID应用，技术和标准化纷争发展。

1.5.1.2 RFID的历史和现状

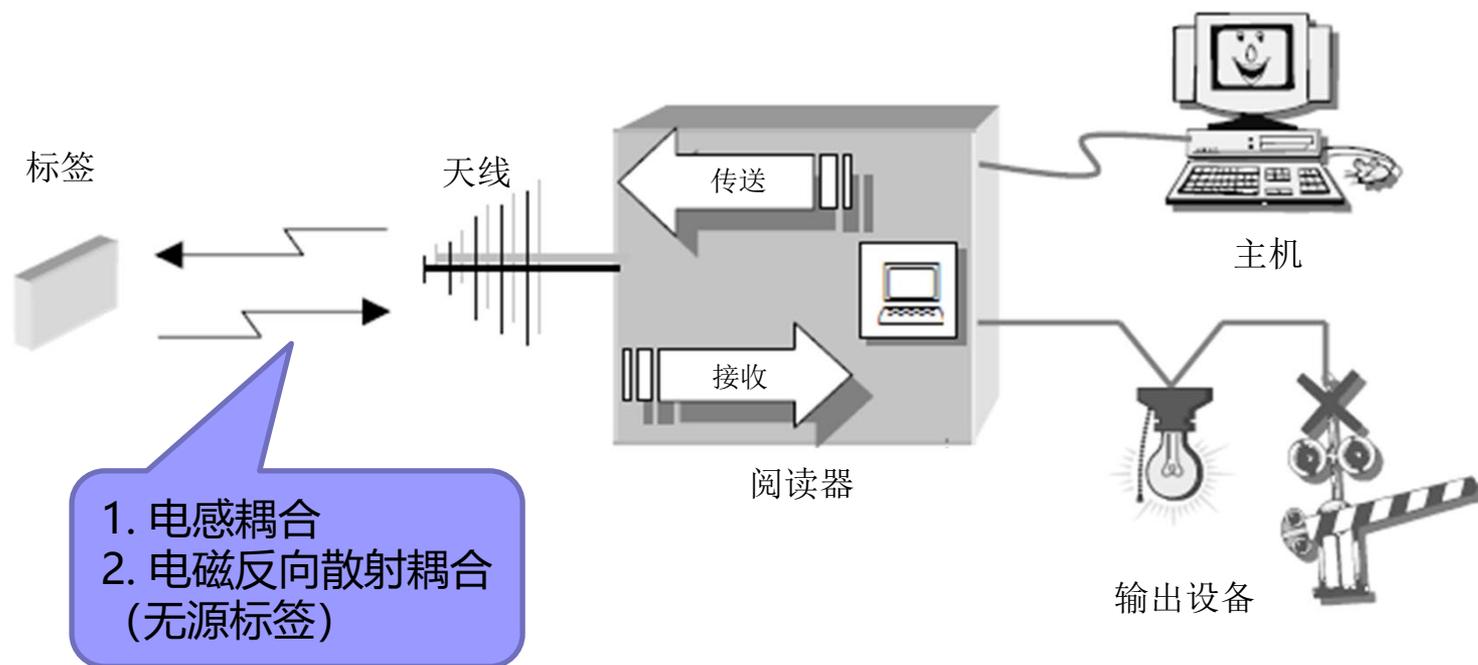
■ 现状

- 目前RFID技术应用已经处于全面应用的阶段。各大软硬件厂商相继投入大量研发经费，推出了各自的软件或硬件产品及系统应用解决方案。
- 在应用领域，以Walmart, UPS, Gillette等为代表的众多企业已经开始全面使用RFID技术对业务系统进行改造，以提高企业的工作效率、管理水平并为客户提供各种增值服务。
- 案例：阿里的无人超市。

1.5.1.3 RFID的技术原理

■ 构成分析

- RFID系统：工业界经常将RFID系统分为**阅读器**、**天线**和**标签**三大组件。
- 阅读器（Reader）包括：**传送器**、**接收器**、**微处理器**。
- 工作模式：challenge-response模式。



1.5.1.3 RFID技术原理

- **阅读器：**主动向标签询问标识信息



- **天线：**用于标签和阅读器之间传递射频信号
 - 低频频率：30-300kHz，无源标签为主，通信距离<1m
 - 高频范围：3-30MHz，通信距离<1m
 - 超高频范围：300M-3GHz：有源标签，通信距离可达10m

1.5.1.3 RFID的技术分析——标签

■ 标签分类

- **被动标签 (Passive Tag)**：因内部没有电源设备又被称为**无源**标签。被动式标签内部的集成电路通过接收由阅读器发出的电磁波进行驱动，向阅读器发送数据。
- **主动标签 (Active Tag)**：因标签**内部携带电源**被称为**有源**标签。电源设备和与其相关的电路决定了主动式标签要比被动式标签体积大、价格昂贵。但主动标签通信距离更远，可达上百米。
- **半主动标签 (Semi-active Tag)**：兼有被动标签和主动标签的所有优点，**内部携带电池**，能够为标签内部计算提供电源。这种标签可以携带传感器，可用于检测环境参数，如温度、湿度、是否移动等。然而与主动式标签不同的是它们的通信**并不需要电池提供能量**，而是像被动式标签一样通过**阅读器发射的电磁波获取通信能量**。

1.5.1.3 RFID的技术分析——标签

■ 优点

- **体积小且形状多样**：RFID标签在读取上并不受尺寸大小与形状限制，不需要为了读取精度而配合纸张的固定尺寸和印刷品质。
- **环境适应性**：纸张容易被污染而影响识别。但RFID对水、油等物质却有极强的抗污性。另外，即使在黑暗的环境中，RFID标签也能够被读取。
- **可重复使用**：标签具有读写功能，电子数据可被反复覆盖，因此可以被回收而重复使用。
- **穿透性强**：标签在被纸张、木材和塑料等非金属或非透明的材质包裹的情况下也可以进行穿透性通讯。
- **数据安全性**：标签内的数据通过循环冗余校验的方法来保证标签发送的数据准确性。

1.5.1.4 RFID和物联网

■ RFID对物联网的影响

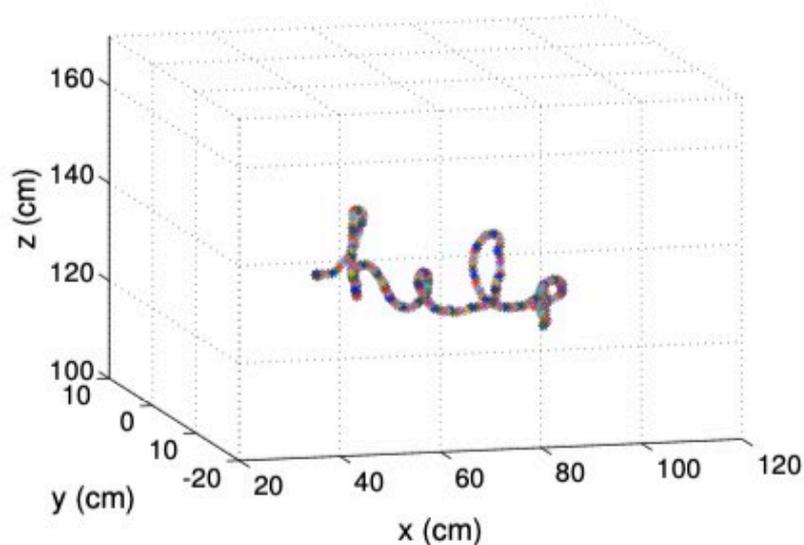
- 基于RFID标签对物体的**唯一标识特性**，在物联网发展历史第二阶段，引发了物联网研究的热潮。
- 物联网是通过给所有物品贴上RFID标签，在现有互联网基础之上构建所有参与流通的**物品信息网络**。物联网的建立将对生产制造、销售、运输、使用、回收等物品流通的各个环节以及政府、企业和个人行为带来**深刻影响**。任何物品都可以随时随地**按需被标识、追踪和监控**。
- 尚未涉及物联网对物理世界的控制。

RFID新兴研究及领域热点

- 基于RFID定位和室内导航
- 手势识别
- 机器人辅助决策等



(a) RFID



(b) Reconstructed Word

1.5.2 无线传感器网络

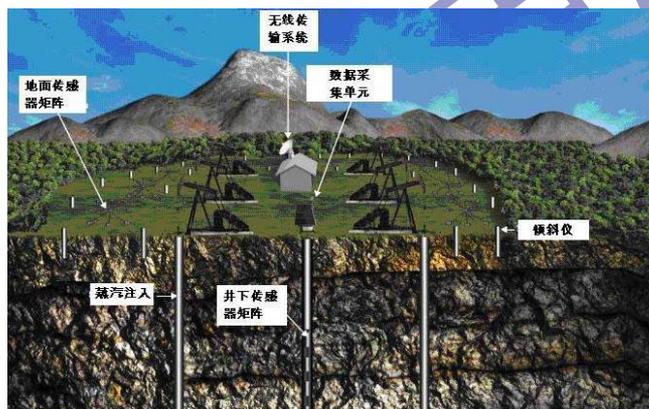
- 1.5.2.1 无线传感器网络
- 1.5.2.2 无线传感器网络的历史
- 1.5.2.3 无线传感器网络的技术
- 1.5.2.4 无线传感器网络的前景

内部使用，

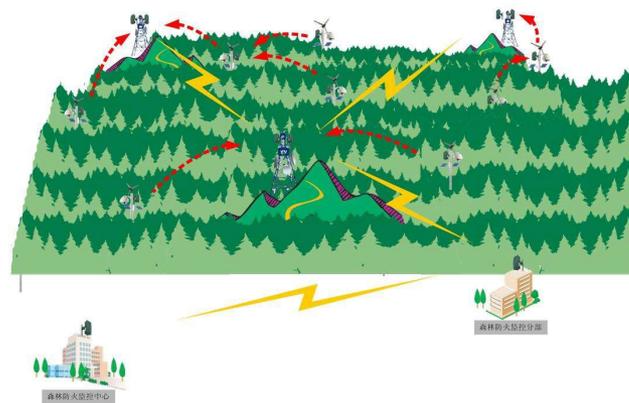
USSLAB版权

1.5.2.1 无线传感器网络

- **无线传感器网络**(Wireless Sensor Networks, 简称WSN)是一种**分布式传感器网络**, 末梢设备是**感知和测量**外部世界的传感器
- WSN中的传感器通过**无线方式通信**, 因此网络设置灵活, 设备位置可以随时更改, 网络具有“**自愈**”能力, 可以跟互联网进行有线或无线方式的连接。
- **应用场景**



地震监测



森林火灾监控

1.5.2.2 无线传感器网络的发展历史

- 前哈佛大学计算机系教授，现任谷歌研究中心资深研究员的Matt Welsh认为，最早的无线传感器网络原型系统是美国军方于1967年在越南战争期间部署的“雪屋”系统（IGLOO WHITE）。



部署传感器



传感器实物图

1.5.2.2 无线传感器网络的发展历史

对无线传感器的研究始于20世纪90年代

加州洛杉矶分校LWIM项目
低功耗无线传感节点

加州伯克莱分校SmartDust项目
微型化传感器节点

1996年, LWIM团队将多种传感器、控制和通信芯片集成在一个设备上, 开发了LWIM节点

1998年, LWIM团队和Rockwell科学中心合作开发了WINS节点

1999年, 该校发布了WeC节点

之后, 该校又发布了一系列节点, 包括Mica、Mica2、Mica2Dot, **MicaZ**

1.5.2.2 无线传感网案例

■ 具体示例——智慧尘埃

加州大学伯克利分校2002年在美国大鸭岛（Great Duck Island）部署32个MICA节点数据采集温度、湿度、光照和大气压力等数据。



1.5.2.3 无线传感器网络的技术

■ 节点组成

无线传感节点的组成：**电池、传感器、微处理器、无线通信芯片**；相比于传统传感器，无线传感节点不仅包括传感器部件，还集成了微型处理器和无线通信芯片等，能够对感知信息进行**分析处理**和**网络传输**。



■ 硬件平台——传感器

- 有许多传感器可供节点平台使用，使用哪种传感器往往由具体的应用需求以及传感器本身的特点决定。
- 需要根据处理器与传感器的交互方式：通过模拟信号和通过数字信号，选择是否需要外部模数转换器和额外的校准技术。

1.5.2.3 无线传感器网络的技术

■ 硬件平台——其他

□ 微处理器

微处理器是无线传感节点中负责计算的核心，目前的微处理器芯片同时也集成了内存、闪存、模数转换器、数字IO等，这种深度集成的特征使得它们非常适合在无线传感器网络中使用。

□ 通信芯片

通信芯片是无线传感节点中重要的组成部分，在一个无线传感节点的能量消耗中，通信芯片通常消耗能量最多，在目前常用的TelosB节点上，CPU在工作状态电流仅500uA，而通信芯片在工作状态电流近20mA。

□ 供能装置

供能装置采用电池供电，使得节点容易部署。但由于电压、环境等变化，电池容量并不能被完全利用；因此多用可再生能源，如太阳能。可再生能源存储能量有两种方式：（1）充电电池，自放电较少，电能利用会比较高，但充电的效率较低，且充电次数有限；（2）超级电容，充电效率高，充电次数可达100万次，且不易受温度，振动等因素的影响。

1.5.2.3 无线传感器网络的技术

■ 操作系统——TinyOS

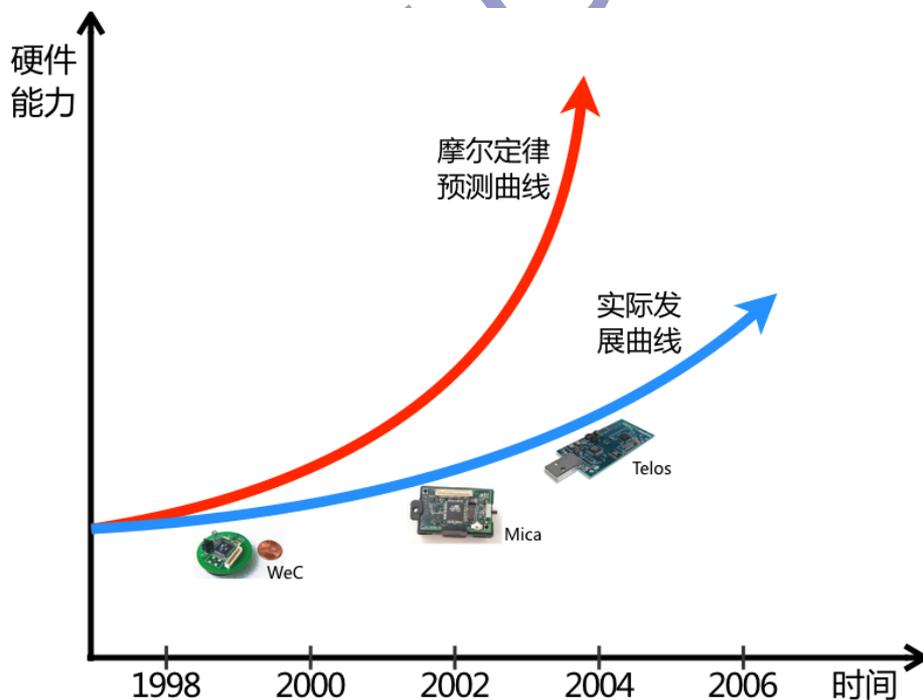
- TinyOS由加州伯克利分校开发，是目前无线传感网络研究领域使用最为广泛的OS (<http://www.tinyos.net>)。
- TinyOS开发语言： nesC

The logo for TinyOS features the text "TinyOS" in a bold, sans-serif font. The "O" is a blue circle with a white outline. Above the text is a network diagram consisting of several small square nodes connected by lines, forming a diamond-like shape. The word "内部" (Internal) is written vertically in large, light blue characters on the left side of the logo.

TinyOS

1.5.2.4 无线传感器网络的发展前景

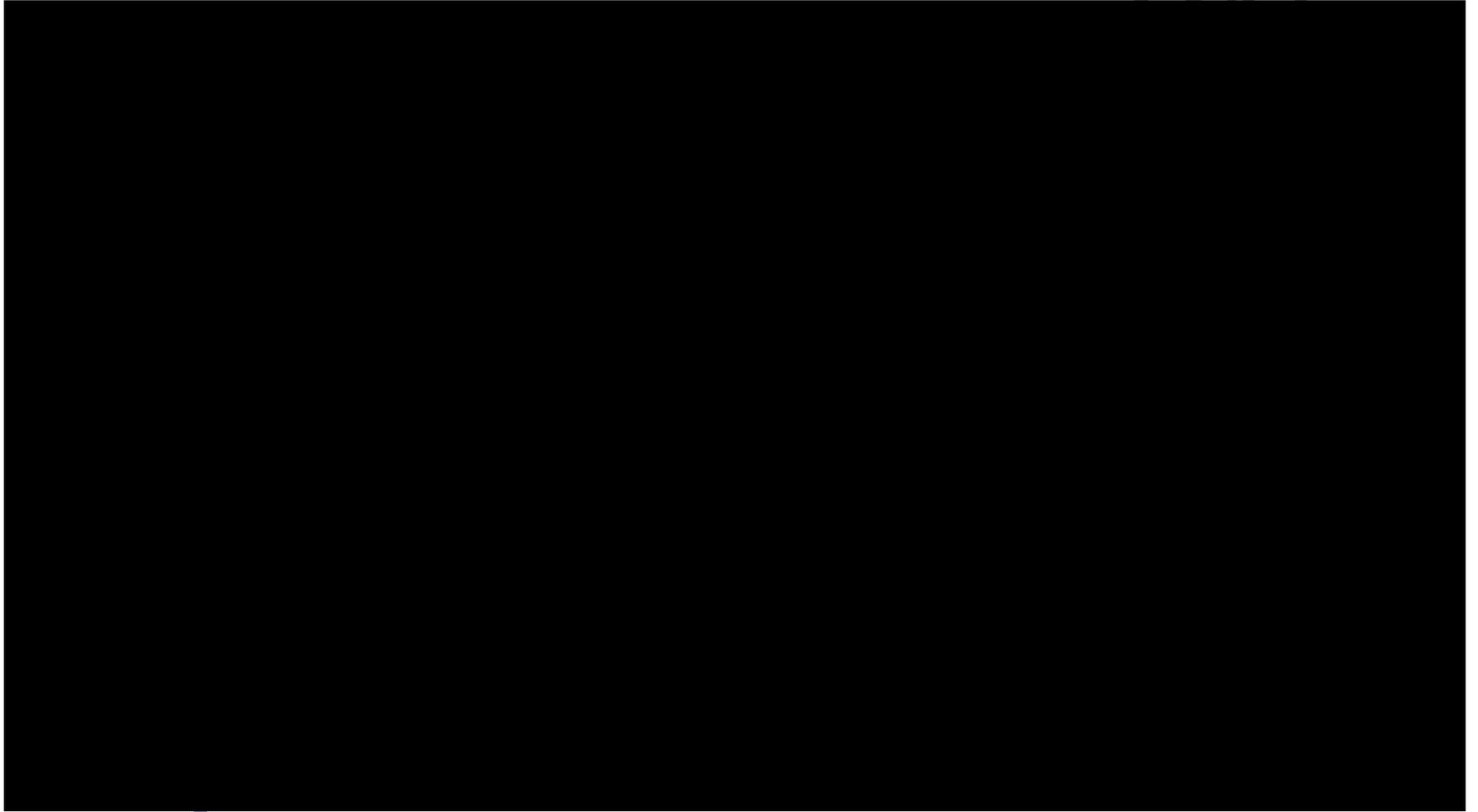
- 计算机硬件的发展通常遵循**摩尔定律**：集成电路上可容纳的晶体管数量，约每隔18个月增加一倍，性能也将提升一倍。
- 无线传感器节点**并没有像摩尔定律预测的速度发展**，原因包括技术发展不均衡、功耗制约、价格体积等。



1.5.2.4 无线传感器网络的发展前景

- 大规模、长时间部署传感器网络的需求：
 - **低成本与微型化**：低成本的节点才能被大规模部署，微型化的节点才能使部署更加容易
 - **低功耗**：在硬件设计上采用低功耗芯片，在软件节能策略方面实现节能
 - **灵活性与扩展性**：传感器节点被用于各种不同的应用中，因此节点硬件和软件的设计必须具有灵活性和扩展性
 - **鲁棒性**：鲁棒性是实现传感器网络长时间部署的重要保障
 - **智能化**：节点具有智能自主操作，并且可以控制物理世界。

延伸：无电池无线传感器风力传播



1.6 物联网的具体应用场景

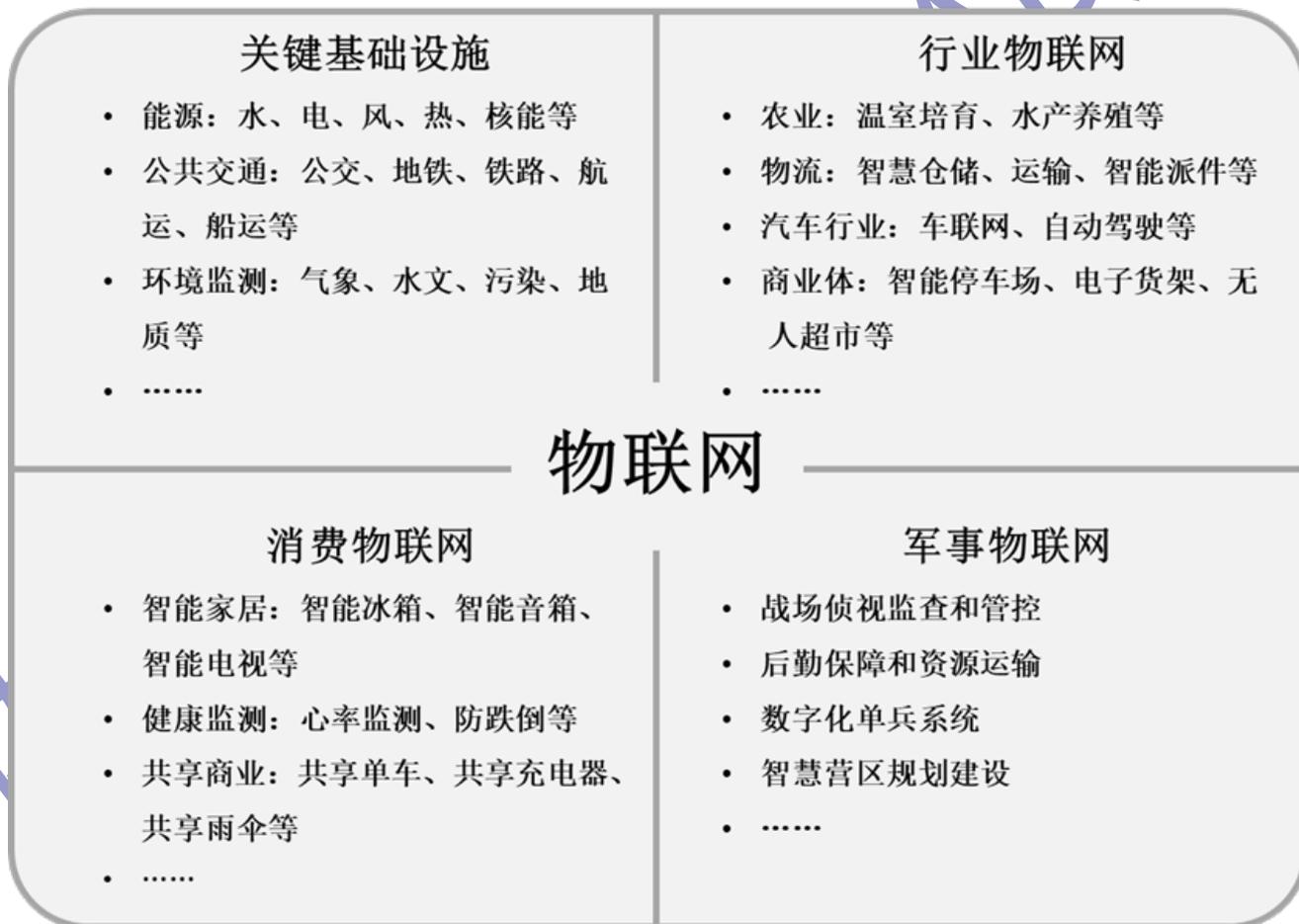
- 1.6.1 应用场景分类
- 1.6.2 案例一：电力物联网
- 1.6.3 案例二：车联网
- 1.6.4 案例三：智能家居
- 1.6.5 案例四：工业互联网

内部使用，

USSLAB版权

1.6.1 应用场景分类

- 物联网在多个领域都得到了广泛的应用，包括**关键基础设施**、**行业物联网**、**消费物联网**和**军事物联网**四大类。



1.6.1 应用场景分类

- **关键基础设施**物联网在基础设施领域的应用主要是**能源产业、公共交通、环境监测、数字城市**等国家基础设施建设。
- 其中能源产业包括水力、电力、核能、风能等；公共交通包括城市道路交通、公交系统、地铁、公路、铁路、航运和船运等；环境监测包括气象、水文、污染、地质监测等；数字城市则包括城市规划、建设、监控、管理系统等。
- 具体应用实例包括：**电力物联网、智能轨道交通、环境温度湿度监测、天眼系统、城市大脑**等。
- **关键基础设施物联网安全关系到国家安全！**

1.6.1 应用场景分类

- **行业物联网**行业物联网是指面向对象是企业级（Business）用户物联网应用，这部分的物联网主要是指在**工业、农业、商业、汽车行业**等领域的物联网应用。
 - 在工业4.0时代，自动化生产和智能化生产显著提高了生产效率，这其中离不开物联网对生产过程的精准监控和反馈控制。除了提高生产效率，物联网在智能仓储、物流等领域的应用也降低了工业生产成本。
 - 另外，物联网在农业上的应用完全改变了传统的耕作养殖手段。目前的精细化耕作能够实现对耕作环境的实时监测和控制，对提高产能产量都表现出了明显的正面作用。

1.6.1 应用场景分类

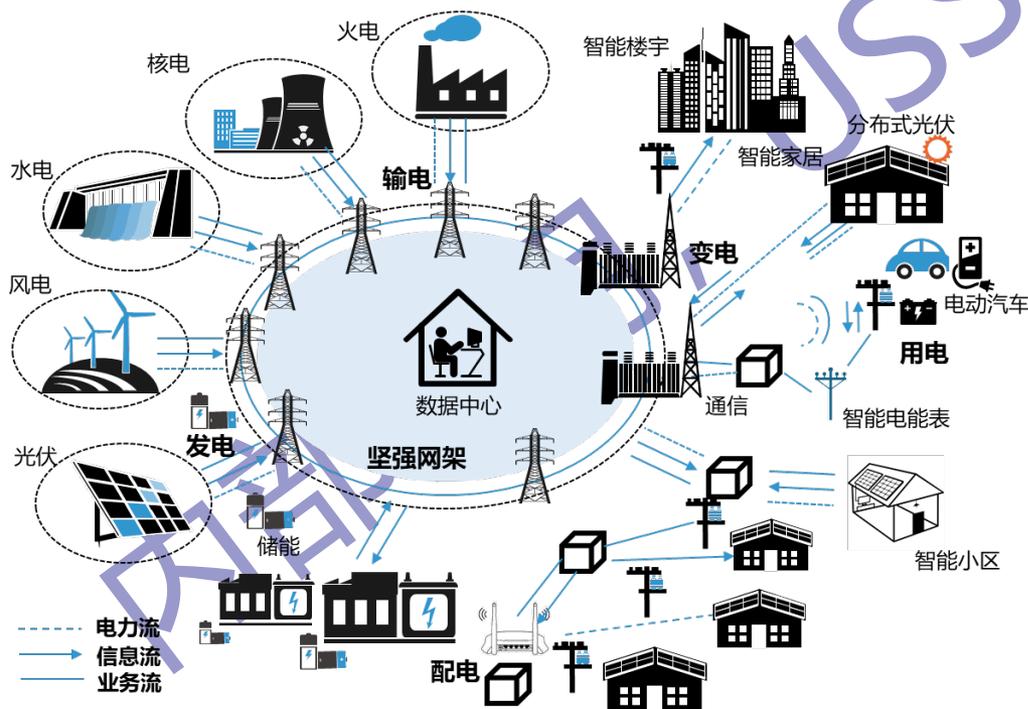
- **消费物联网**面向个人消费者的物联网应用主要指服务于个人和家庭的物联网应用，典型场景包括智能家居、健康监测和共享类服务。
- 应用案例：智能家居中**智能电视、智能冰箱、智能音箱等消费级电子产品**，**电子货架、无人超市、智能商场**新型消费模式，共享类物联网如**共享单车、共享汽车**等。
- 数据：GIV预测2025年个人智能终端数将达400亿，个人智能助理普及率达90%，智能服务机器人将步入12%家庭。
- 消费级物联网是物联网设备的数量的主要组成。

1.6.1 应用场景分类

- **军事物联网**：物联网在军事领域的一种应用。在新军事变革的背景下，信息化军备成为国家军事战略发展的主导形态，物联网技术的应用也成为了促进了军事作战过程对打击目标精准定位、军事行动实时反馈、作战过程的可视化呈现以及后勤快速响应的的重要技术支撑。
- 目前，物联网在军事领域的主要应用包括战场侦察和管控、后勤保障和资源运输、数字化单兵系统、智慧营区建设等。

1.6.2 案例一：电力物联网

- **电力物联网**将先进传感、通信、控制技术和智能终端设备应用于电力生产、输送、消费、管理各环节，提高了传统电网各个环节的效率，提升了电网系统的分析、预警、自愈及安全防护能力。



电力终端作为电网内部作业与外部服务的延伸，近三年全国网布署各类电力终端设备超过**7000万台**。

1.6.2 电力物联网——电力设备



版权所有



1.6.2 电力物联网

■ 电力物联网与普通民用物联网的区别与联系

- **专用**：电力物联网是一个**专用网**，设备接入、数据传输、通信控制等必须符合电网规范。
- **封闭**：电力物联网的绝大多数信息流和控制流都只在内部流动。并非所有物联网应用都可以在电力物联网中适配。这是由于电力物联网的**硬件支撑有限，硬件更新困难**。

- **意义和影响**：智能电网建设将成为拉动物联网产业，甚至整个信息通信产业（ICT）发展的强大驱动力，影响并推动其他行业的物联网应用和部署进度，进而提高我国工业生产、行业运作和公众生活等各个方面的信息化水平。

1.6.3 案例二：车联网

■ 定义

车联网是以汽车为主体的物联网，每一辆现代汽车都扮演着物联网终端设备和边缘设备的角色。

汽车内部通过有线和无线通信实现各组件的连接，汽车可以智能感知汽车的行驶状况和各硬件的工作情况；另一方面，车与车、道路交通之间通过无线通信组网，可以优化汽车运行路线，提高驾驶体验。



Q：自动驾驶汽车和车联网什么关系？

1.6.3 车联网

■ 车联网五大要素

根据中国信息通信研究院2017年发布的《车联网白皮书》，车联网主要包括**人、车、路、通信、服务平台**五大要素，如图所示。

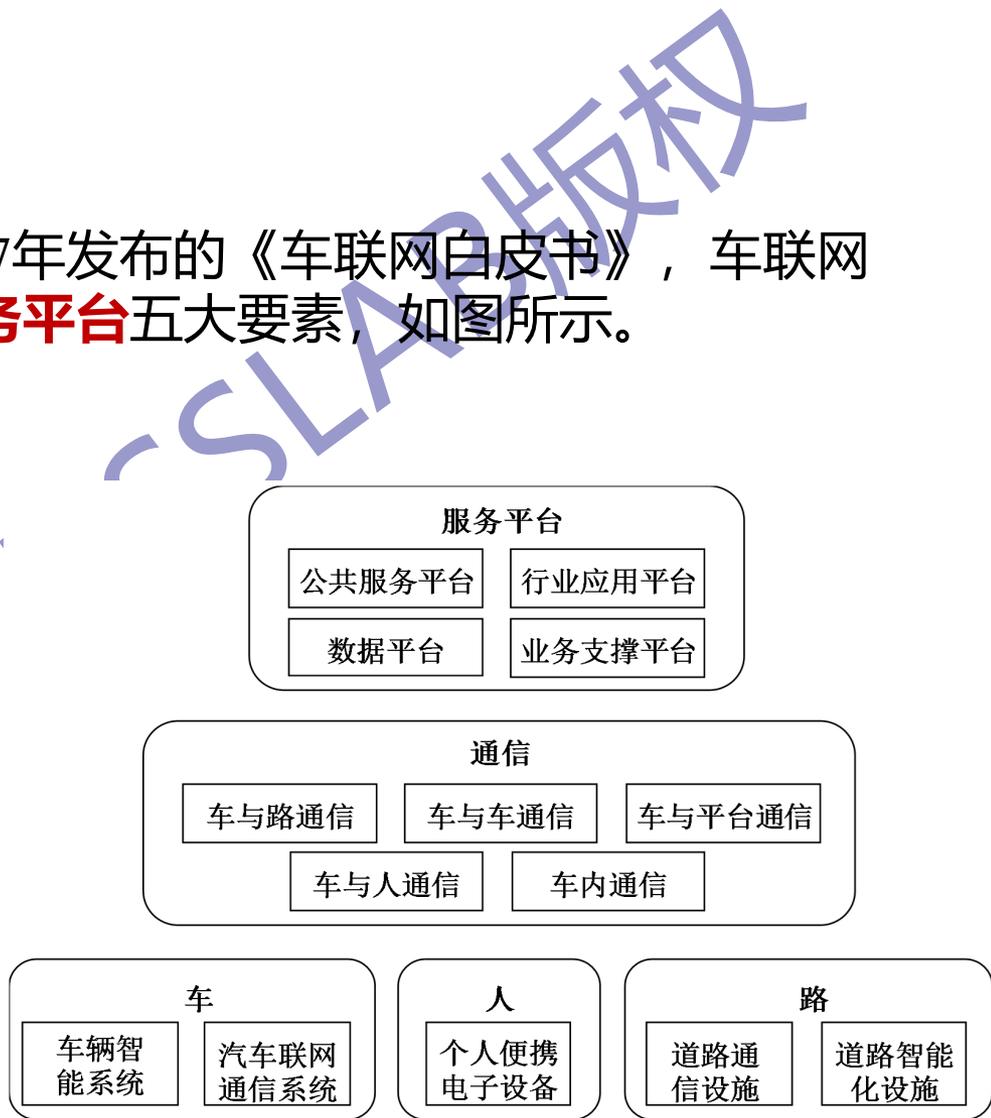
人：道路环境**参与者**和车联网**服务使用者**；

车：车联网的**核心**，主要涉及**车辆联网和智能系统**；

路：车联网业务的**重要外部环境之一**，主要涉及**交通信息化相关设施**；

通信：**信息交互的载体**，打通**车内、车间、车路、车云**信息流；

服务平台：**实现车联网服务能力的业务载体、数据载体**。



1.6.4 案例三：智能家居

■ 相关概念

- 智能家居是物联网在民用应用领域的典型应用之一。根据Gartner公司的调研报告显示，到2020年，全球将拥有200亿个智能家居设备。
- 智能家居是指能为用户实现现代家庭的各电子设备自动化控制的系统。这些设备包括：智能音箱、家用监控摄像头、智能电视、智能冰箱、智能灯泡等。
- 智能家居的实现需要一个中心设备作为连接点，所有的智能设备通过有线或无线的方式连接到中心节点（通常是通过无线通信的方式）。

1.6.4 智能家居

■ 典型应用



智能家居系统



智能音箱

■ Q: 智能家居的未来，你认为怎么样？

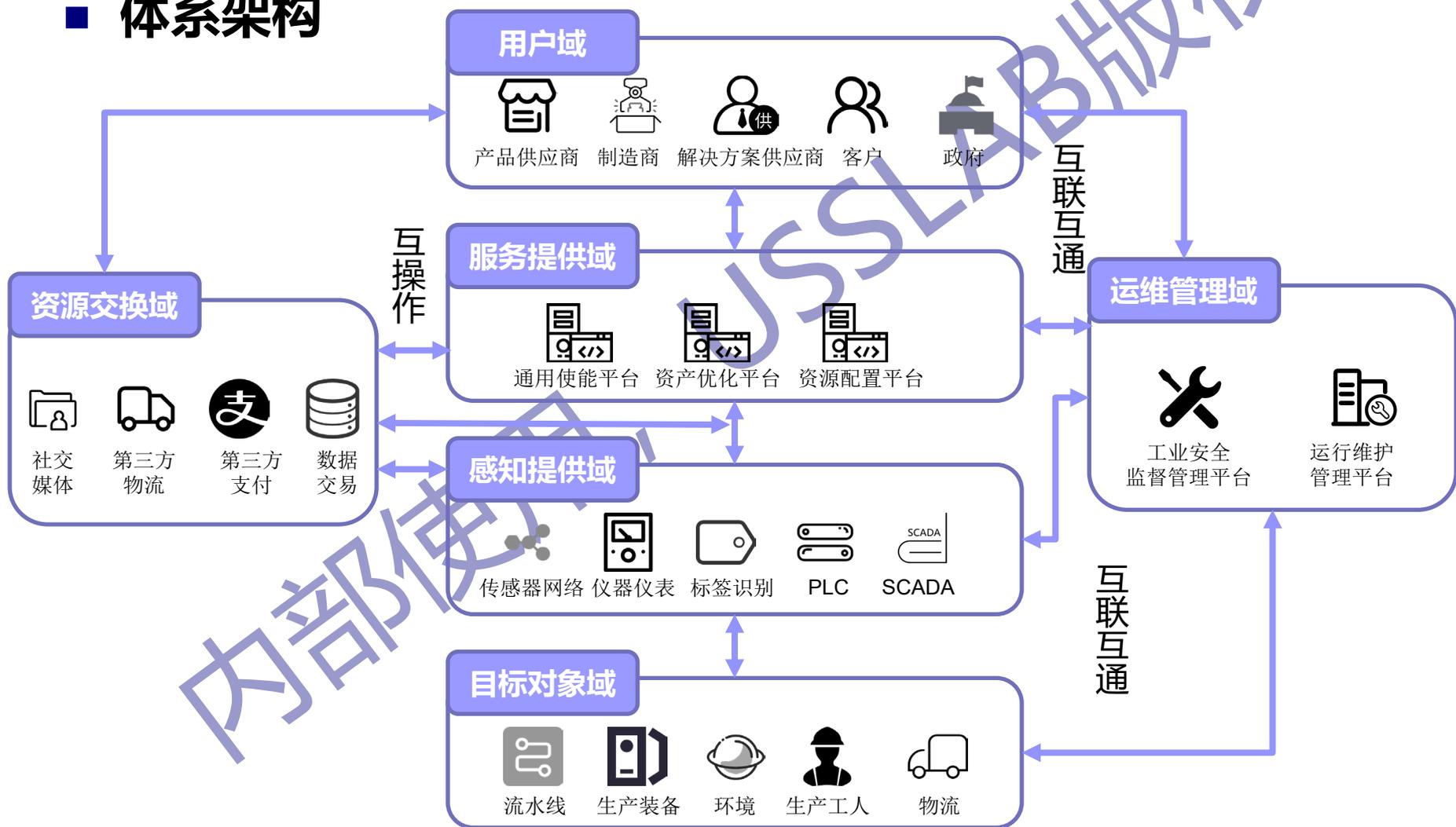
1.6.5 案例四：工业互联网

- **工业互联网**：工业互联网是工业系统与**高级计算、分析、传感技术**以及**互联网**的高度融合，它通过智能机器间的连接并最终将人机连接，结合软件和大数据分析技术，提高生产效率。由GE董事长伊斯梅尔首次提出。
- **网络传输方法**：best-effort vs. time-sensitive (TSN)
- **体系架构**

依据GB/T 33474-2016《物联网参考体系结构》中的物联网概念模型给出，其参考体系架构由用户域、目标对象域、感知控制域、服务提供域、运维管控域和资源交换域组成。

1.6.5 工业互联网

■ 体系架构



1.6.5 工业互联网

■ 体系架构

□ 用户域

支撑用户接入工业互联网、使用互联网服务的接口，具体包括产品供应商、制造商、解决方案供应商、客户和政府等。

□ 运维管控域

从系统运行技术性管理和法律法规符合性管理两大方面保证工业互联网其他域的稳定、可靠、安全运行等，主要包括**工业安全监督管理平台**和**运行维护管理平台**。

□ 资源交换域

根据工业互联网系统与其他相关系统的应用服务需求，实现**信息资源**和**市场资源**的交换与共享功能。

1.6.5 工业互联网

■ 体系架构

□ 目标对象域

主要包括在制品、原料、机器、作业工人等，这些对象被感知控制域的传感器、标签所感知、识别和控制，其生产、加工、运输、流通、销售等各个环节的信息**被感知控制域获取**。

□ 感知控制域

采集的数据最终通过工业互联网网关传送给服务提供域。

□ 服务提供域

主要包括通用**使能平台**、**资源优化平台**和资源配置平台，提供远程监控、能源管理、安全生产等服务。

本章小结和重点

- 物联网的定义、发展阶段及每个阶段特点
- 物联网三大核心特点
- 物联网“云-管-边-端”架构
- 物联网早期形态：RFID和WSN
- 物联网的应用场景

内部使用，

USSLAB版权