

物联网架构与技术 *IOT-A-4-2*

第四章 物联网感知技术

北京交通大学计算机学院网络管理研究中心 刘峰
fliu@bjtu.edu.cn

2023年10月

2、传感器技术

(一) 传感器技术概述

(二) 网络智能化传感单元

(三) IEEE1451标准

(四) 网络智能传感器 应用案例

(五) 传感器软件及软件架构技术知识库：
知识库：安全管理与风险管控技术

(一) 传感器技术概述

传感器技术定义（电子工程学术语）

- 传感器是指能感受规定的被测量，并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。我国国家标准（GB7665-2005）对传感器的定义是：“**能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置**”。
- 传感器作为信息获取的重要手段，与通信技术和计算机技术共同构成信息技术的三大支柱。
- 作用：利用物理效应、化学效应、生物效应，把被测的物理量、化学量、生物量等转换成符合需要的电量。

工业传感器



传感器主要构成

- 主要由敏感元器件和转换器组成。
- 敏感元器件属于高科技范畴，大多受国外专利保护。我国大多进口。
- 转换器：高精度数字信号处理芯片国外垄断，中低精度国产化率高。

传感器的主要分类

- 传感器有许多分类方法，但常用的分类方法有两种，一种是按被测物理量来分；另一种是按传感器的工作原理来分。
 - 1、按被测物理量划分的传感器，常见的有：温度传感器、湿度传感器、压力传感器、位移传感器、流量传感器、液位传感器、力传感器、加速度传感器、转矩传感器等。

传感器的主要分类-按工作原理分

- 1. 电学式传感器

电学式传感器是非电量电测技术中应用范围较广的一种传感器，常用的有电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、磁电式传感器及电涡流式传感器等。

- 2. 磁学式传感器

磁学式传感器是利用铁磁物质的一些物理效应而制成的，主要用于位移、转矩等参数的测量。

- 3. 光电式传感器

光电式传感器在非电量电测及自动控制技术中占有重要的地位。它是利用光电器件的光电效应和光学原理制成的，主要用于光强、光通量、位移、浓度等参数的测量。

按照工作原理分（2）

- 4. 电势型传感器

电势型传感器是利用热电效应、光电效应、霍尔效应等原理制成，主要用于温度、磁通、电流、速度、光强、热辐射等参数的测量。

- 5. 电荷传感器

电荷传感器是利用压电效应原理制成的，主要用于力及加速度的测量。

- 6. 半导体传感器

半导体传感器是利用半导体的压阻效应、内光电效应、磁电效应、半导体与气体接触产生物质变化等原理制成，主要用于温度、湿度、压力、加速度、磁场和有害气体的测量。

按照工作原理分（3）

- ## 7. 谐振式传感器

谐振式传感器是利用改变电或机械的固有参数来改变谐振频率的原理制成，主要用来测量压力。

8. 电化学式传感器

电化学式传感器是以离子导电为基础制成，根据其电特性的形成不同，电化学传感器可分为电位式传感器、电导式传感器、电量式传感器、极谱式传感器和电解式传感器等。电化学式传感器主要用于分析气体、液体或溶于液体的固体成分、液体的酸碱度、电导率及氧化还原电位等参数的测量。

传感器的特性与指标

- 性能指标 静态特性、动态特性、线性度、迟滞等
- 传感器物件特点：灵敏度和分辨率等。

传感器技术社会价值

- 传感器技术是测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术、微电子学、光学、声学、精密机械、仿生学和材料科学等众多学科相互交叉的综合性和高新技术密集型的前沿技术之一，是现代新技术革命和信息社会的重要基础，是自动检测和自动控制技术不可缺少的重要组成部分。目前，传感器技术已成为我国国民经济不可或缺的支柱产业的一部分。传感器在工业部门的应用普及率已被国际社会作为衡量一个国家智能化、数字化、网络化的重要标志。

应用价值

- 传感器技术是实现测试与自动控制的重要环节。在测试系统中，被作为一次仪表定位，其主要特征是能准确传递和检测出某一形态的信息，并将其转换成另一形态的信息。
- 传感器是指那些对被测对象的某一确定的信息具有感受（或响应）与检出功能，并使之按照一定规律转换成与之对应的可输出信号的元器件或装置。如果没有传感器对被测的原始信息进行准确可靠的捕获和转换，一切准确的测试与控制都将无法实现。

即使最现代化的电子计算机，没有准确的信息（或转换可靠的数据），不失真的输入，也将无法充分发挥其应有的作用。

应用案例

- 汽车自动报警、安全监测
- 高速铁路综合监测
- 智慧城市：智慧家居

传感器技术是新技术革命和信息社会的重要技术基础

- 是现代科技的开路先锋，也是当代科学技术发展的一个重要标志，它与通信技术、计算机技术构成信息产业的三大支柱之一。如果说计算机是人类大脑的扩展，那么传感器就是人类五官的延伸，当集成电路、计算机技术飞速发展时，人们才逐步认识信息摄取装置——传感器没有跟上信息技术的发展而惊呼“大脑发达、五官不灵”。

发达国家的传感器技术战略

- 美国早在80年代就声称世界已进入传感器时代，日本则把传感器技术列为十大技术之创立。日本工商界人士声称“支配了传感器技术就能够支配新时代”。世界技术发达国家对开发传感器技术都十分重视。美、日、英、法、德和独联体等国都把传感器技术列为国家重点开发关键技术之一。

美、日、英、法、德和独联体等国都把传感器技术列为国家重点开发关键技术之一。

- 从八十年代起，逐步在世界范围内掀起了一股“传感器热”。美国早在80年代就声称世界已进入传感器时代，日本则把传感器技术列为十大技术之创立。日本工商界人士声称“支配了传感器技术就能够支配新时代”。世界技术发达国家对开发传感器技术都十分重视。

美国

- 美国国家长期安全和经济繁荣至关重要的22项技术中有6项与传感器信息处理技术直接相关。关于保护美国武器系统质量优势至关重要的关键技术，其中8项为无源传感器。美国空军2000年举出15项有助于提高21世纪空军能力关键技术，传感器技术名列第二。
- 美国国防部将传感器技术视为20项关键技术之一，

日本

- 日本对开发和利用传感器技术相当重视并列为国家重点发展 6 大核心技术之一。日本科学技术厅制定的90年代重点科研项目中有70个重点课题，其中有18项是与传感器技术密切相关。
- 日本把传感器技术与计算机、通信、激光半导体、超导并列为 6 大核心技术。

德国、英国、俄罗斯

- 德国视军用传感器为优先发展技术，英、法等国对传感器的开发投资逐年升级，原苏联军事航天计划中的第五条列有传感器技术。

传感器

正是由于世界各国普遍重视和投入开发，传感器发展十分迅速，在近十几年来其产量及市场需求年增长率均在**10%**以上。目前世界上从事传感器研制生产单位已增到**5000**余家。美国、欧洲、俄罗斯各自从事传感器研究和生产厂家**1000**余家，日本有**800**余家。

(二) 网络智能化传感单元

- 智能化传感器 - 发展历程
- 现代信息技术的三大基础是信息采集(即传感器技术)、信息传输(通信技术)和信息处理(计算机技术)。传感器属于信息技术的前沿尖端产品，近百年来，传感器的发展大致经历了以下三个阶段：(1)传统的分立式传感器(含敏感元件)；(2)模拟集成传感器；(3)智能传感器。目前，国际上新型传感器正从模拟式向数字式、由集成化向智能化、网络化的方向发展。

智能化传感器 - 传感器的分类

1 传统的分立式传感器

该类传感器是用非集成化工艺制造的，仅具有获取信号的功能。

2 模拟集成化传感器

- 集成传感器是采用硅半导体集成工艺而制成的，因此亦称硅传感器或单片集成传感器。模拟集成传感器是在20世纪80年代问世的，它是将传感器集成在一个芯片上、可完成测量及模拟信号输出功能的专用IC。模拟集成传感器的主要特点是功能单一(仅测量某一物理量)、测量误差小、价格低、响应速度快、传输距离远、体积小、微功耗等，适合远距离测量、控制，不需要进行非线性校准，外围电路简单。

3 智能传感器(Intelligent Sensor)

智能传感器(Intelligent Sensor)

- 智能传感器(亦称数字传感器)是在20世纪90年代中期间问世的。它是微电子技术、计算机技术和[自动测试技术\(ATE\)](#)的结晶。目前,国际上已开发出多种智能传感器系列产品。智能传感器内部都包含传感器、A/D转换器、信号处理器、存储器(或寄存器)和接口电路。有的产品还带[多路选择器](#)、中央控制器(cpu)、随机存取存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。智能传感器的特点是能输出测量数据及相关的控制量,适配各种微控制器(MCU);并且它是在硬件的基础上通过软件来实现测试功能的,其智能化程度也取决于软件的开发水平。

智能传感器的意义

智能化设计是传感器传统设计理念中的一次革命，是世界传感器的发展趋势。传感器的智能化和任何其他事物一样有它的必然性，传感器：作为信息系统的最前端，它的特性好坏、输出信息的可靠性对整个系统质量至关重要，但是长期以来的与计算机技术的飞速发展相比，传感器技术前进的步伐明显落后，由于采用的传统的传感器技术设计和生产，使得传感器的性价比很低，据有关资料介绍，从1970年到1990年计算机的性价比提高了1000倍，而传感器的性价比只提高了3倍。

传统传感器技术已达到了技术极限，它的性价比不可能再有大幅度的提高。存在着严重的不足：

- △ 输入输出特性存在非线性，且随时间漂移；
- △ 参数易受环境条件变化的影响；
- △ 信噪比低，易受噪声干扰；
- △ 存在交叉灵敏度，选择性、分辨率不高。

随着工农业生产和科技事业的发展不仅对传感器的性能要求越来越高，而且对它的数量要求也越来越大，再用传统的方法设计和用作坊式的手工操作为主的生产，质与量均满足不了需求。一方面传感器大量的使用要求把传感器的成本降下来，另一方面传感器在各个领域的使用又要求把性能提上新台阶。只有智能传感器才能满足上述两方面的要求。

意义一：智能化传感器改变了生产方式

传统传感器的生产决定了作坊式的手工操作为主的生产方式，由于智能化传感器具有数字存储、记忆与信息处理功能、双向通讯、标准化数字输出或符号输出功能，因此可用与上位计算机通信的方法来组织批量生产。

比如对某种传感器进行温度补偿，只要通过上位计算机对每个与其相连接的在环境试验设备中的智能传感器发出读写指令，这些被处理的传感器就会在各个设定的温度将适应各自的补偿值存入记忆体内，在上位计算机的控制下，整个一批传感器经历了一个“学习”过程，这一工序也告完成。

当然这样的生产方式，是在传感器设计时已经安排好的。这种生产方式极大的提高生产率，也降低了生产成本，同时由于采用了智能元件，传感器的补偿可以应体而异，由各个传感器自行解决，它对于敏感元件的要求就不是很高了，从理论上讲，只要敏感元件具有重复性，不管它其他指标怎样，采用智能传感器的设计方法，都能造出高性能的传感器。这样又进一步降低了传感器的制造成本。

意义二：智能化传感器改变了使用方式

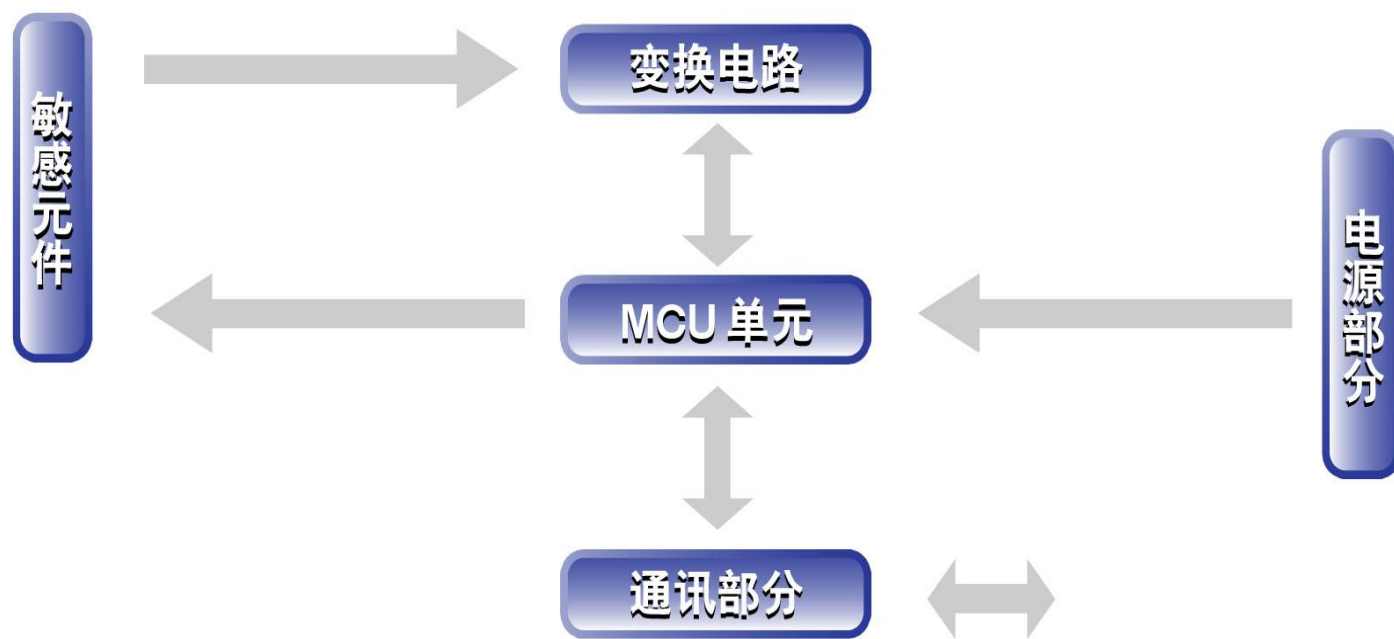
智能传感器具有自校零、自标定、自校正；能够自行进行检验、自选量程、自寻故障。

这些性能给使用者带来了极大的方便，智能传感器在每次测量前都进行自校零、自选量程、自寻故障。改变了使用原来使用传统传感器的习惯，数码相机就是一个很好的例子，我们把照相机看成是一个图象传感器，要记录一张清晰图象，如果用传统的相机，先要调好光圈、速度和距离才行。用傻瓜相机就不同了，你只要对着对象照就行了。

我国的传感器行业

- 经过近十年的引进、消化、吸收，现已形成一定规模的传感器生产能力。
- 全国敏感元件与传感器产品生产能力已超过 4 亿只，总产量约 1.5 亿只，总产值约 4 亿元，总销售额 3 亿元左右。
- 与发达国家相比还有很大差距，主要表现在产品的质量、生产规模、市场开发、销售等方面。
- 我国敏感元件与传感器的科研开发水平约落后发达国家 5~10 年；生产技术约落后 10~15 年。
- 进入 21 世纪，世界传感器市场将迅速发展。由 1993 年的 130 亿美元，发展到 2000 年后，市场规模将达 343 亿美元。其中，以半导体传感器为主流的各类固态传感器增长幅度很大，年增长率高达 20% 以上；微传感器、微执行器约占总市场的 40%。
- 我国敏感元件与传感器的科研生产综合实力正在逐步增强，目标是与国外差距缩短为 3~5 年。

网络智能化传感单元（功能示意图）



智能化传感器是将一个或多个敏感元件、精密模拟电路、数字电路、微处理器(MCU)、通讯接口、智能软件系统相结合的产物，并将硬件集成在一个封装组件内。

该类传感器具备数据采集、数据处理、数据存储、自诊断、自补偿、在线校准、逻辑判断、双向通讯、数字输出/模拟输出等功能，极大地提高了传感器的准确度、稳定性和可靠性。由于采用标准的数字接口，智能化传感器有着很强的互换性和兼容性。

智能化传感器从用户使用角度来看是一个具有标准数字接口的模块单元

- 用户可以按照面向对象的方法来设计自己的产品或应用系统。由于其标准仪表的数据接口满足**IEEE1451协议**，使得任何符合该协议的硬件设备均可与其连接和互换。
- 智能化传感器内嵌了标准的通讯协议和标准的数字接口，智能化传感器可轻而易举地组成网络或作为用户网络内的一个节点。

网络智能化传感单元（功能示意图）

包括采集、处理、通信和电源模块四部分。

采集为传感器核心。

软件相关关键技术：

嵌入式OS: VxWorks, u-LINUX, WindowsCE

Palm, Tiny OS, Android

应用软件：构件化，C, Java, Labview, ActiveX

应用软件是物联网应用的主要任务！

例子1：气敏传感器

氧 传 感 器



气敏传感器的应用

气敏传感器主要用于对各种目标气体的定性或定量检测，在环境气体监测，食品安全监察，工业排放监控，呼气疾病诊断等领域有着广泛的应用。

③ 气敏传感器分类

根据气敏元件的不同，气体传感器可分为半导体气体传感器，红外吸收式气敏传感器，接触燃烧式气敏传感器以及利用电极和电解液对气体进行检测的电化学传感器等。

例子2：温度传感器

室温管温传感器：室温传感器用于测量室内和室外的环境温度，



智能化传感器的主要特点

- 能够完成对信号的采集、变换、逻辑判断、功能计算；
- 具有搭建同类和不同类多个传感器的复合能力；
- 能够实现内部自检测、自诊断、自校正、自补偿；
- 能与其他系统实现单向或双向通讯；
- 提供离散输出或模拟输出；
- 极大地提高了传感器输出的一致性、重复性、稳定性、准确性及可靠性；
- 使应用开发更简便、经济、快速，具备良好的兼容性；
- 允许用户的控制程序下载至智能化传感器；
- 具备在线标定和校准能力；
- 具备传感器休眠功能；
- 具有自我学习功能。

传感器的主要技术指标:

- - 1、传感器具有防水、抗凝、精确度高、稳定性好、寿命长、适合野外使用等优良性能。
 - 2、数据采集终端使用嵌入式操作系统及无线通信收发模块集成，采用模块化设计易扩展，适应多种类型传感器，可以定时休眠和唤醒，可同时滚存数百组数据。
 - 3、信息数据传输采用2.4G频IEEE802.15.4传输协议完成区域自动智能组网传输，采用GPRS完成超远距传输和互联网对接传输。
 - 4、能源配置有电池、太阳能和电网等多种能源支持方式。
 - 5、管理接收主控具有USB口或串口接收环境信息数据，可以扩展终端机和传感器，可以增加和修改传感器公式，可以支持多品种传感器，具有网络接口可以进行互联网应用，可以数据导出，有显示接口可以接液晶显示屏，有硬盘扩展接口可以增加存储容量，有大型数据库系统可以存储和管理大流量数据。
 - 6、智能控制器采用模块化设计，具有与主控数据交互功能，能完成多通道、多类型设备的管理和控制，具有人机交互功能，能完成人工控制管理，具有安全工作保障功能，使用嵌入式软件完成可选、可修订的多阶段控制系统。

传感器性能指标:

1、灵敏度：指沿着传感器测量轴方向对单位振动量输入 x 可获得的电压信号输出值 u ，即 $s=u/x$ 。与灵敏度相关的一个指标是分辨率，这是指输出电压变化量 Δu 可加辨认的最小机械振动输入变化量 Δx 的大小。为了测量出微小的振动变化，传感器应有较高的灵敏度。

2、使用频率范围：指灵敏度随频率而变化的量值不超出给定误差的频率区间。其两端分别为频率下限和上限。为了测量静态机械量，传感器应具有零频率响应特性。传感器的使用频率范围，除和传感器本身的频率响应特性有关外，还和传感器安装条件有关（主要影响频率上限）。

3、动态范围：动态范围即可测量的量程，是指灵敏度随幅值的变化量不超出给定误差限的输入机械量的幅值范围。在此范围内，输出电压和机械输入量成正比，所以也称为线性范围。动态范围一般不用绝对量数值表示，而用分贝做单位，这是因为被测振值变化幅度过大的缘故，以分贝级表示使用更方便一些。

4、相移：指输入简谐振动时，输出同频电压信号相对输入量的相位滞后量。相移的存在有可能使输出的合成波形产生畸变，为避免输出失真，要求相移值为零或 π ，或者随频率成正比变化。

传感器的功能与人类5大感觉器官相比拟：

- 光敏传感器——视觉
- 声敏传感器——听觉
- 气敏传感器——嗅觉
- 化学传感器——味觉
- 压敏、温敏、传感器
- 流体传感器——触觉

敏感元件的分类：

- 物理类，基于力、热、光、电、磁和声等物理效应。
- 化学类，基于化学反应的原理。
- 生物类，基于酶、抗体、和激素等分子识别功能。
- 通常据其基本感知功能可分为热敏元件、光敏元件、气敏元件、力敏元件、磁敏元件、湿敏元件、声敏元件、放射线敏感元件、色敏元件和味敏元件等十大类

主要分类

- 按用途
- 压力敏和力敏传感器、位置传感器、液位传感器、能耗传感器、速度传感器、加速度传感器、射线辐射传感器、热敏传感器。
- 按原理
- 振动传感器、湿敏传感器、磁敏传感器、气敏传感器、真空度传感器、生物传感器等。
- 按输出信号
- 模拟传感器：将被测量的非电学量转换成模拟电信号。
- 数字传感器：将被测量的非电学量转换成数字输出信号（包括直接和间接转换）。
- 膺数字传感器：将被测量的信号量转换成频率信号或短周期信号的输出（包括直接或间接转换）。
- 开关传感器：当一个被测量的信号达到某个特定的阈值时，传感器相应地输出一个设定的低电平或高电平信号。

按其制造工艺

- 集成传感器是用标准的生产硅基半导体集成电路的工艺技术制造的。
- 传感器
- 通常还将用于初步处理被测信号的部分电路也集成在同一芯片上。
- 薄膜传感器则是通过沉积在介质衬底（基板）上的，相应敏感材料的薄膜形成的。使用混合工艺时，同样可将部分电路制造在此基板上。
- 厚膜传感器是利用相应材料的浆料，涂覆在陶瓷基片上制成的，基片通常是 Al_2O_3 制成的，然后进行热处理，使厚膜成形。
- 陶瓷传感器采用标准的陶瓷工艺或其某种变种工艺（溶胶、凝胶等）生产。
- 完成适当的预备性操作之后，已成形的元件在高温中进行烧结。厚膜和陶瓷传感器这二种工艺之间有许多共同特性，在某些方面，可以认为厚膜工艺是陶瓷工艺的一种变型。
- 每种工艺技术都有自己的优点和不足。由于研究、开发和生产所需的资本投入较低，以及传感器参数的高稳定性等原因，采用陶瓷和厚膜传感器比较合理。

国家标准：传感器相关

- GB/T 14479-1993 传感器图用图形符号
- GB/T 15478-1995 压力传感器性能试验方法
- GB/T 15768-1995 电容式湿敏元件与湿度传感器总规范
- GB/T 15865-1995 摄像机(PAL/SECAM/NTSC)测量方法第1部分:非广播单传感器摄像机
- GB/T 13823.17-1996 振动与冲击传感器的校准方法声灵敏度测试
- GB/T 18459-2001 传感器主要静态性能指标计算方法
- GB/T 18806-2002 电阻应变式压力传感器总规范
- GB/T 18858.2-2002 低压开关设备和控制设备控制器-设备接口(CDI) 第2部分:执行器传感器接口(AS-i)
- GB/T 18901.1-2002 光纤传感器第1部分:总规范
- GB/T 19801-2005 无损检测声发射检测声发射传感器的二级校准
- GB/T 7665-2005 传感器通用术语

（三）标准：IEEE1451标准、国家标准

用户可以按照面向对象的方法来设计自己的产品或应用系统。由于其标准仪表的数据接口满足**IEEE1451协议**，使得任何符合该协议的硬件设备均可与其连接和互换。

IEEE1451设计目标：

解决不同智能传感器之间的互操作性和互换性等问题，简化接口设计和应用。

IEEE 1451

- **IEEE 1451** is a set of smart transducer interface standards developed by the IEEE Instrumentation and Measurement Society's Sensor Technology Technical Committee, describing a set of open, common, network-independent communication interfaces for connecting transducers (sensors or actuators) to microprocessors, instrumentation systems, and control/field networks.

Transducer electronic data sheets (TEDS)

- One of the key elements of these standards is the definition of Transducer electronic data sheets (TEDS) for each transducer.
- The TEDS **is a memory device** attached to the transducer, which stores transducer identification, calibration, correction data, and manufacturer-related information.
- The goal of the IEEE 1451 family of standards is to allow the access of transducer data through a common set of interfaces whether the transducers are connected to systems or networks via a **wired or wireless** means.

1451 family of standards

- **1451.0-2007** IEEE Standard for a **Smart Transducer Interface** for Sensors and Actuators – Common Functions, Communication Protocols, and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats
- **1451.1-1999** IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – **Network Capable Application Processor Information Model (NCAP)** 网络
- **1451.2-1997** IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – Transducer **to Microprocessor Communication Protocols & TEDS Formats** 微处理器
- **1451.3-2003** IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – **Digital Communication & TEDS Formats for Distributed Multidrop Systems** 分布式多点系统数字通信
- **1451.4-2004** IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – **Mixed-Mode Communication Protocols & TEDS Formats** 混合式通信协议
- **1451.5-2007** IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – **Wireless Communication Protocols** & Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats 无线通信协议
- **1451.7-2010** IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – Transducers to **RFID Systems** Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet Formats RFID

IEEE1451作用、技术演进

- IEEE 1451促进了智能传感器的发展，解决了不同智能传感器之间的互操作性和互换性等问题。（不同现场总线）
- 嵌入式微处理器与互联网连接技术成熟，低成本、高性能特点，可满足智能传感器的高速、高精度的数据采集要求。IP传感器
- 云计算将为传感器产生的大量数据，提供低廉的存储。
- 传感技术发展方向：新型化、高精度、属猪啊、高可靠、微功耗、微型化。

现场总线

- 现场总线是指安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线。它是一种工业数据总线，是[自动化](#)领域中底层数据[通信网络](#)。
- 简单说，现场总线就是以数字通信替代了传统4-20mA[模拟信号](#)及普通开关量信号的传输，是连接智能现场设备和自动化系统的全数字、双向、多站的通信系统。主要解决工业现场的智能化仪器仪表、控制器、执行机构等现场设备间的数字通信以及这些现场控制设备和高级[控制系统](#)之间的信息传递问题。

总线技术标准、市场情况

- 由于竞争激烈，而且还没有哪一种或几种总线能一统市场，很多重要企业都力图开发接口技术，使自己的总线能和其他总线相连，在国际标准中也出现了协调共存的局面。
- 工业自动化技术应用于各行各业，要求也千变万化，使用一种现场[总线技术](#)也很难满足所有行业的技术要求；现场总线不同于计算机网络，人们将会面对一个多种总线技术标准共存的现实世界。技术发展很大程度上受到市场规律、商业利益的制约；技术标准不仅是一个技术规范，也是一个商业利益的妥协产物。而现场总线的关键技术之一是彼此的[互操作性](#)，实现现场总线技术的统一是所有用户的愿望。
- 主流总线技术产品：CAN、FF、LONWORKS、PROFIBUS等。

软件体系架构：现场总线控制系统 组成

- 现场总线控制系统由测量系统、控制系统、管理系统三个部分组成，而通信部分的硬、软件是它最有特色的部分。

(1)、现场总线控制系统:

- 它的软件是系统的重要组成部分，[控制系统](#)的软件有组态软件、维护软件、[仿真软件](#)、设备软件和监控软件等。首先选择开发组态软件、控制操作人机接口软件MMI。通过组态软件，完成功能块之间的连接，选定功能块参数，进行网络组态。在网络运行过程中对系统实时采集数据、进行数据处理、计算。[优化控制](#)及逻辑控制报警、监视、显示、报表等。

（2）、现场总线的测量系统：

- 其特点为多变量高性能的测量，使测量仪表具有计算能力等更多功能，由于采用数字信号，具有高分辨率，准确性高、抗干扰、抗畸变能力强，同时还具有仪表设备的状态信息，可以对处理过程进行调整。

(3) 设备管理系统:

- 可以提供设备自身及过程的诊断信息、管理信息、设备运行状态信息（包括智能仪表）、厂商提供的设备制造信息。例如Fisher—Rosemoun公司，推出AMS管理系统，它安装在主计算机内，由它完成管理功能，可以构成一个现场设备的综合管理系统信息库，在此基础上实现设备的可靠性分析及预测性维护。将被动的管理模式改变为可预测性的管理维护模式AMS软件是以现场服务器为平台的T型结构，在现场服务器上支撑模块化，功能丰富的应用软件为用户提供一个图形化界面。

(四)网络智能传感器应用案例-深入了解各类传感器功能和性能

- 汽车传感器过去单纯用于发动机上，现在已扩展到底盘、车身和灯光电气系统上了。这些系统采用的传感器有**100**多种。
- 现代汽车技术发展特征之一就是越来越多的部件采用电子控制。例如电控喷油喷射、废气排放、刹车防抱死系统、自动空调、大灯亮度控制、驾驶座位自动调整、转向控制、电控悬挂，等等。电子自动控制的工作要依赖传感器的信息反馈。

汽车传感器：行业竞争高科技



第一、 发动机控制用传感器

- 1、温度传感器
- 2、压力传感器
- 3、转速、角度和车速传感器
- 4、氧传感器
- 5、流量传感器
- 6、爆震传感器

1、温度传感器

(1) 进气温度传感器：检测进气温度，提供给ECU作为计算空气密度的依据；

(2) 水温传感器：检测冷却液的温度，向ECU提供发动机温度信息，电脑根据水温数据来控制发动机冷却水的流速和水箱风扇的开关。从而让发动机水温保持在最理想的温度。

2、压力传感器

- 用在电控喷油喷射发动机上的传感器

进气压力传感器：反映进气歧管内的绝对压力大小的变化，是向ECU（发动机电控单元）提供计算喷油持续时间的基准信号；

3、转速、角度和车速传感器

- 曲轴角度传感器，检测曲轴及发动机转速，提供给ECU作为确定点火正时及工作顺序的基准信号；

4、氧传感器

- 检测排气中的氧浓度，提供给ECU作为控制燃油/空气比在最佳值（理论值）附近的基准信号；

5、流量传感器

- 空气流量传感器：测量发动机吸入的空气量，提供给ECU作为喷油时间的基准信号；

6、爆震传感器

- 爆燃传感器：安装在缸体上专门检测发动机的爆燃状况，提供给ECU根据信号调整点火提前角。

第二、底盘控制用传感器

- 1、变速器控制传感器
- 2、悬架系统控制传感器
- 3、动力转向系统传感器
- 4、防抱制动传感器
-

第三、 车身控制用传感器

- 与安全性能息息相关，

1、安全气囊传感器

2、侧面防碰传感器

3、测距传感器

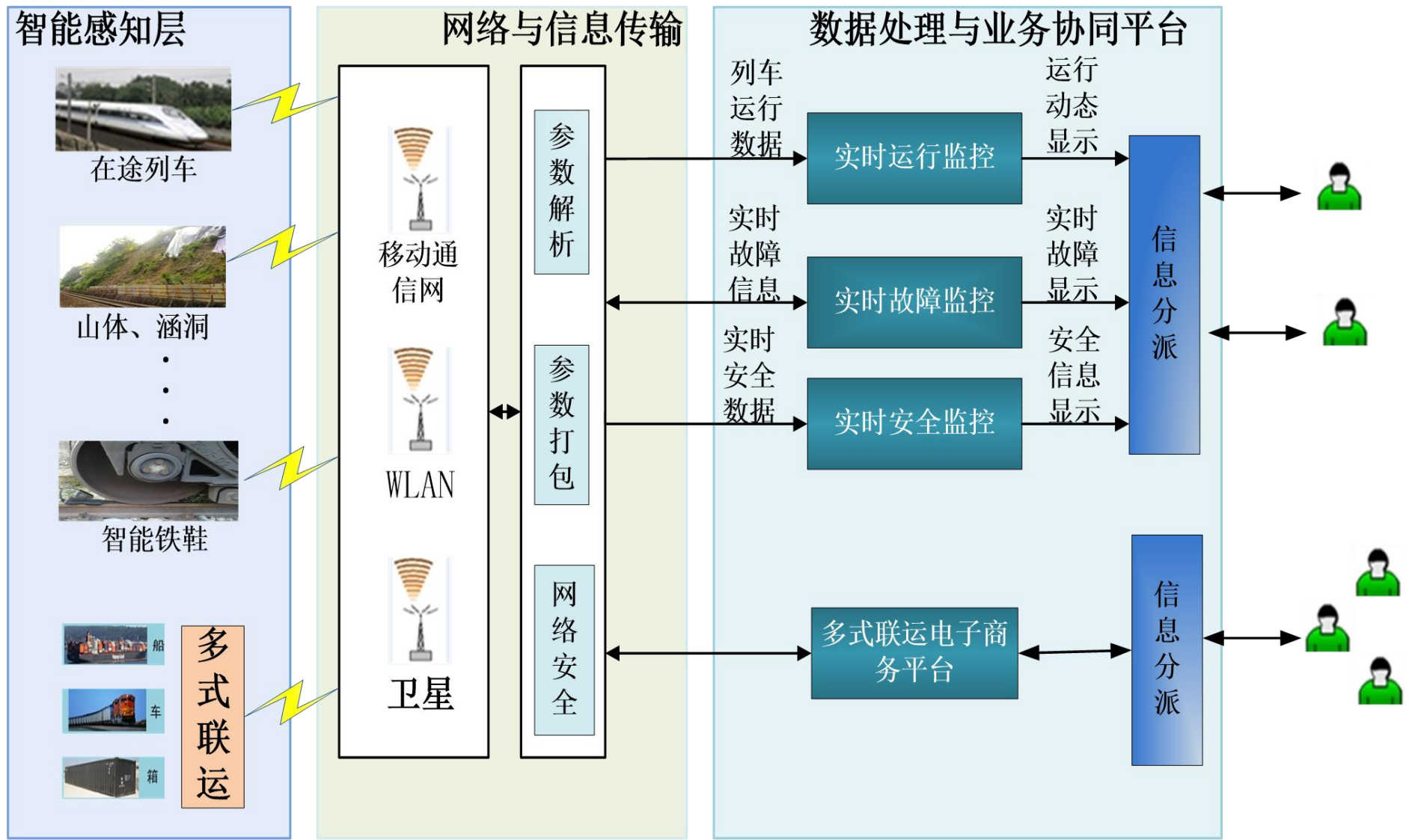
传感器：车联网的终端智慧是无人驾驶汽车

- 国外在汽车无人驾驶方面进展神速。从谷歌开发的一款能够基本取代驾驶员控制车辆的人工智能软件的大胆尝试开始，直到2010年谷歌代号“GoogleFleet1”在内的7辆试验车已经累计完成完全自主行驶1000公里，以及在人工监督下行驶1.4万公里

传感器技术创新典型案例：GOOGLE 无人驾驶汽车



铁路先进IT技术架构



延伸阅读、学习、讨论

- **GOOGLE无人驾驶汽车**
商业价值、技术原理、传感器技术

（五）传感器软件及软件架构技术

- 1、嵌入式系统
- 2、嵌入式软件

开源软件

1、嵌入式系统

- 物联网技术是这几年整个电子信息技术最重要的主题，而在物联网技术与消费者接触最为密切的应用，当属这两年兴起的智能硬件应用。无论是物联网还是智能硬件应用，都是建立在庞大的嵌入式系统生态中的。这些应用的繁荣带动的是整个嵌入式技术的蓬勃商机。

嵌入式系统定义

是指用于执行独立功能的专用计算机系统。它由包括微处理器、定时器、微控制器、存储器、传感器等一系列微电子芯片与器件，和嵌入在存储器中的微型操作系统、控制应用软件组成，共同实现诸如实时控制、监视、管理、移动计算、数据处理等各种自动化处理任务。

嵌入式系统以应用为中心，以微电子技术、控制技术、计算机技术和通讯技术为基础，强调硬件软件的协同性与整合性，软件与硬件可剪裁，以满足系统对功能、成本、体积和功耗等要求。

面向应用的SoC芯片和嵌入式软件是未来嵌入式系统发展的重点。

- 智能传感器、低功耗处理平台、网络接入及大数据处理，这些信息的显示和处理都包含了大量嵌入式系统技术和应用。
- 物联网的出现源于多种技术的交叉融合，智能传感器芯片技术和物联网嵌入式软件技术是两个重点发展方向，这与嵌入式系统发展更是息息相关了，面向应用的SoC芯片和嵌入式软件是未来嵌入式系统发展的重点。

嵌入式系统是当前最热门、最具发展前途的IT应用领域之一

- 包括手机、电子字典、可视电话、数字相机、数字摄像机、U—Disk、机顶盒、高清电视、游戏机、智能玩具、交换机、路由器、数控设备或仪表、汽车电子、家电控制系统、医疗仪器、航天航空设备等都是典型的嵌入式系统。

软硬件特征

- 嵌入式系统的硬件必须根据具体的应用任务，以功耗，成本，体积，可靠性，处理能力等
- 为指标来选择。嵌入式系统的核心是系统软件和应用软件，由于存储空间有限，因而要求
- 软件代码紧凑，可靠，大多对实时性有严格要求。

2、嵌入式软件

- 嵌入式软件就是基于嵌入式系统设计的软件，它也是计算机软件的一种，同样由程序及其文档组成，可细分成系统软件、支撑软件、应用软件三类，是嵌入式系统的重要组成部分。
- 嵌入式软件与嵌入式系统是密不可分的，嵌入式系统是“控制、监视或者辅助设备、机器和车间运行的装置”，就是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁剪，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。它一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成，用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

嵌入式操作系统：

- 嵌入式操作系统EOS（Embedded[Operating System](#)）是一种用途广泛的[系统软件](#)，过去它主要应用于工业控制和国防系统领域。EOS负责[嵌入系统](#)的全部软、[硬件](#)资源的分配、调度工作，控制、协调并发活动；它必须体现其所在系统的特征，能够通过装卸某些模块来达到系统所要求的功能。[嵌入式操作系统](#)通常以商业运作为主，从上世纪80年代起，商业化的嵌入式操作系统开始得到蓬勃发展。现在国际上有名的[嵌入式操作系统](#)有Windows CE、Palm OS、Linux、VxWorks、pSOS、QNX、OS-9、LynxOS等，已进入我国市场的国外产品有WindRiver、Microsoft、QNX和Nuclear等。我国[嵌入式操作系统](#)的起步较晚，国内此类产品主要是基于自主版权的[Linux操作系统](#)，其中以中软Linux、[红旗Linux](#)、东方Linux为代表。

嵌入式支撑软件:

支撑软件是用于帮助和支持软件开发的软件，通常包括数据库和开发工具，其中以数据库最为重要。嵌入式数据库技术已得到广泛的应用，随着移动通信技术的进步，人们对移动数据处理提出了更高的要求，嵌入式数据库技术已经得到了学术、工业、军事、民用部门等各方面的重视。嵌入式移动数据库或简称为移动数据库（EMDBS）是支持移动计算或某种特定计算模式的数据库管理系统，数据库系统与操作系统、具体应用集成在一起，运行在各种智能型嵌入设备或移动设备上。其中，嵌入在移动设备上的数据库系统由于涉及数据库技术、分布式计算技术，以及移动通讯技术等多个学科领域，目前已经成为一个十分活跃的研究和应用领域。国际上主要的嵌入式移动数据库系统有Sybase、Oracle等。我国嵌入式移动数据库系统以东软集团研究开发出了嵌入式数据库系统OpenBASE Mini为代表。

嵌入式应用软件

嵌入式应用软件是针对特定应用领域，基于某一固定的[硬件](#)平台，用来达到用户预期目标的[计算机软件](#)。由于用户任务可能有时间和精度上的要求，因此有些嵌入式应用软件需要特定[嵌入式操作系统](#)的支持。嵌入式应用软件和普通应用软件有一定的区别，它不仅要求其准确性、安全性和稳定性等方面能够满足实际应用的需要，而且还要尽可能地进行优化，以减少对[系统资源](#)的消耗，降低[硬件](#)成本。目前我国市场上已经出现了各式各样的嵌入式应用软件，包括[浏览器](#)、Email软件、[文字处理软件](#)、通讯软件、多媒体软件、个人信息处理软件、智能[人机交互](#)软件、各种行业应用软件等。[嵌入式系统](#)中的应用软件是最活跃的力量，每种应用软件均有特定的应用背景，尽管规模较少，但专业性较强，所以嵌入式应用软件不象[操作系统](#)和[支撑软件](#)那样受制于国外产品垄断，是我国嵌入式软件的优势领域。

开源软件

- 行业性开放系统正日趋流行。统一的行业标准具有开放、设计技术共享、软硬件嵌入式软件
- 重用、构件兼容、维护方便和合作生产的特点，是增强行业性产品竞争能力的有效手段。嵌入式操作系统本身正走向开放化、标准化；Linux正逐渐成为嵌入式操作系统的主流；J2ME技术也将对嵌入式软件的发展产生深远影响。目前自由软件技术备受青睐，并对软件技术的发展产生了巨大的推动作用，这为我国加快发展嵌入式软件技术提供了极好机遇和条件。

嵌入式软件系统特征

- 随着嵌入式系统应用的不断深入和产业化程度的不断提升，新的应用环境和产业化需求对嵌入式系统软件提出了更加严格的要求。
- 嵌入式操作系统内核不仅需要具有微型化、高实时性等基本特征，还将向高可信性、自适应性、构件组件化方向发展；
- 支撑开发环境将更加集成化、自动化、人性化；系统软件对无线通信和能源管理的功能支持将日益重要。

小结

- 1、嵌入式系统以应用为中心，以微电子技术、控制技术、计算机技术和通讯技术为基础，强调硬件软件的协同性与整合性，软件与硬件可剪裁，以满足系统对功能、成本、体积和功耗等要求。
- 2、嵌入式软件就是基于嵌入式系统设计的软件，它也是计算机软件的一种，同样由程序及其文档组成，可细分成系统软件、支撑软件、应用软件三类，是嵌入式系统的重要组成部分。

有关观点汇集及思考

- 1、安全性是产品的固有属性，安全是产品使用中**不出现危险而导致事故的实时状态或条件。**
- 2、没有绝对的安全，只有是否可接受的事故风险。
- 3、系统安全工程中的关键是识别危险，随着系统构成、行为逻辑及使用环境复杂性及事故损失的增长，在系统的研制过程中就需要投入更多的精力来识别和控制危险。
- 4、**ROSS实践与探索：PHM+人工智能**

本章思考题

- 1、简述传感器定义、工作原理和基本分类。
- 2、简述网络智能化传感器原理和特点。
- 3、简述IEEE1451标准的产生背景和主要内容，
- 4、网络智能传感器 应用案例
- 5、简述嵌入式软件系统特征
- 6、结合铁路事故案例（如路基沉降等健康状态），给出基于物联网传感器技术的解决方案。