

# 第 1 章 物联网概述

## 1.1 物联网的概念

“物联网”这一概念是在 1999 年提出的,是指把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来,实现智能化识别和管理。在国际电信联盟 2005 年的一份报告中曾描绘物联网时代的图景:当司机出现操作失误时,汽车会自动报警;公文包会提醒主人忘带了什么东西;衣服会“告诉”洗衣机对水温的要求等。

### 1.1.1 物联网的定义

所谓物联网(Internet of things),是指将各种信息传感设备,如射频识别(radio frequency identification,RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等各种装置与互联网结合起来而形成的一个巨大网络。其目的是让所有的物品都与网络连接在一起,方便识别和管理。物联网是利用无所不在的网络技术建立起来的,其中非常重要的技术是 RFID 电子标签技术。

以简单的 RFID 系统为基础,结合已有的网络、数据库、中间件等技术,构筑一个由大量联网的读取器和无数移动的标签组成的,比 Internet 更为庞大的物联网,成为 RFID 技术发展的趋势。在这个网络中,系统可以自动、实时地对物体进行识别、定位、追踪、监控并触发相应事件。

物联网又称传感网。以互联网为代表的计算机网络技术是 20 世纪计算机科学的一项伟大成果,它给我们的生活带来了深刻的变化,然而在目前,网络功能再强大,网络世界再丰富,也终究是虚拟的,它与我们所生活的现实世界还是相隔的。在网络世界中,很难感知现实世界,因此,时代呼唤着新的网络技术。无线传感网络正是在这样的背景下应运而生的全新网络技术,它综合了传感器、低功耗、通信以及微机电等技术。可以预见,在不久的将来,无线传感网络将给我们的生活方式带来革命性的变化。

### 1.1.2 物联网的背景

计算机技术、通信与微电子技术的高速发展,促进了互联网技术、射频识别技术、全球定位系统(global positioning system,GPS)与数字地球技术的广泛应用,以及无线网络与

无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)研究的快速发展,互联网应用所产生的巨大经济与社会效益,加深了人们对信息化作用的认识,而互联网技术、RFID 技术、GPS 技术与 WSN 技术为实现全球商品货物快速流通的跟踪识别与信息利用,进而实现现代化管理,打下了坚实的技术基础。

互联网已经覆盖到世界的各个角落,已经深入世界各国的经济、政治与社会生活,已经改变了几十亿网民的生活方式和工作方式。但是现在互联网上关于人类社会、文化、科技与经济信息的采集还必须由人来输入和管理。为了适应经济全球化的需求,人们设想如果从物流角度将 RFID 技术、GPS 技术与 WSN 技术与“物品”信息的采集、处理结合起来,就能够将互联网的覆盖范围从“人”扩大到“物”,从而通过 RFID 技术、WSN 技术与 GPS 技术采集和获取有关物流的信息,通过互联网实现对世界范围内的物流信息的快速、准确识别与全程跟踪,这种技术就是物联网技术。物联网发展的社会与技术背景如图 1-1 所示。

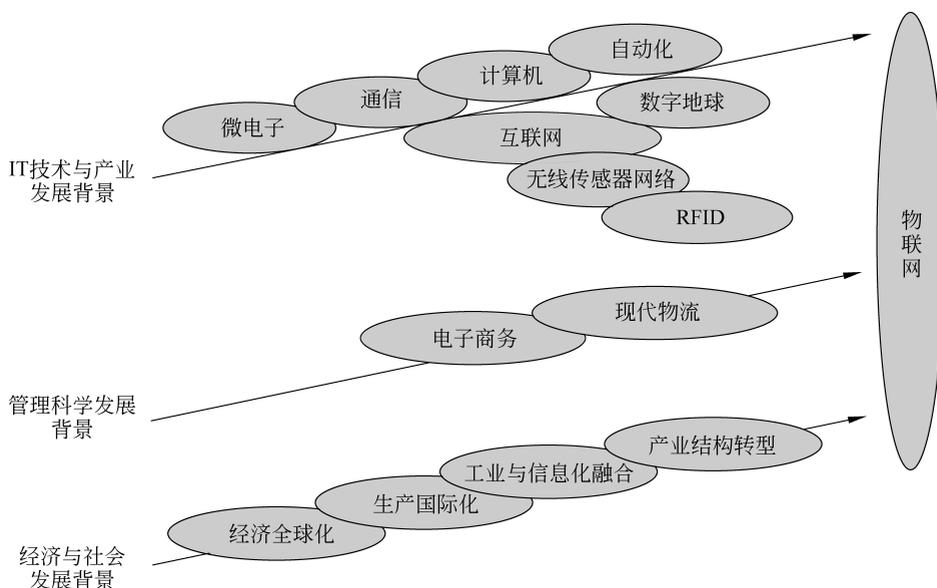


图 1-1 物联网发展的社会与技术背景

### 1.1.3 物联网的起源

从 20 世纪末至今,全球经济持续低迷,急需出现一种新兴技术来促进生产力的变革,并成为经济增长的新引擎。通过对原有科学技术的融合,人们发现了一种新的技术模式。

20 世纪 80 年代,欧美已有智能建筑、智能家居等概念;1995 年,比尔·盖茨的《未来之路》一书对物联网技术在家居场景方面的应用做了详细的阐述,使得人们对于物联网应用有了初步的认识;到了 1999 年,麻省理工学院的 Auto-ID 实验室又提出了一套依托产品电子代码标准构建物联网的解决方案,将物联网技术的可行性具体化了。然而,说到“物联网”这一名称,却是在 2005 年国际电信联盟(ITU)发布了 *The Internet of Things*

报告之后才有的;再后来,到了 2009 年 IBM 公司的物联网三步走战略,更是在全球产业界、学术界引起了广泛的响应。这里要提到的是,中国正是在 2009 年开始对物联网技术进行高度重视。

### 1.1.4 物联网的特点

物联网有三个关键特征:各类终端实现“全面感知”;电信网、因特网等融合实现“可靠传输”;使用云计算等技术对海量数据进行“智能处理”。

#### 1. 全面感知

全面感知是指利用 RFID、传感器、定位器和二维码等手段随时随地对物体进行信息采集和获取。感知包括传感器的信息采集,协同处理,智能组网,甚至信息服务,以达到控制、指挥的目的。

#### 2. 可靠传递

可靠传递是指通过各种电信网络和因特网的融合,对接收到的感知信息进行实时远程传送,实现信息的交互和共享,并进行各种有效的处理。在这一过程中,通常需要用到的现有的电信运行网络,包括无线网络和有线网络。由于传感器网络是一个局部的无线网,因而无线移动通信网、3G 网络是作为物联网的一个有力支撑。

#### 3. 智能处理

智能处理是指利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术,对随时接收到的跨地域、跨行业、跨部门的海量数据和信息进行分析处理,以提升对物理世界、经济社会各种活动和变化的洞察力,实现智能化的决策和控制。

## 1.2 物联网的基本架构

物联网是在互联网和移动通信网等网络通信基础上,针对不同领域的需求,利用具有感知、通信和计算功能的智能物体自动获取现实世界的信息,并将这些对象互联,实现全面感知,可靠传输,智能处理,从而构建人与物、物与物互联的智能信息服务系统。

物联网体系架构(见图 1-2)主要由以下三个层次组成。

### 1.2.1 感知层

感知层又叫感知控制层,它可以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,包括传感器和执行器、RFID、二维码等。

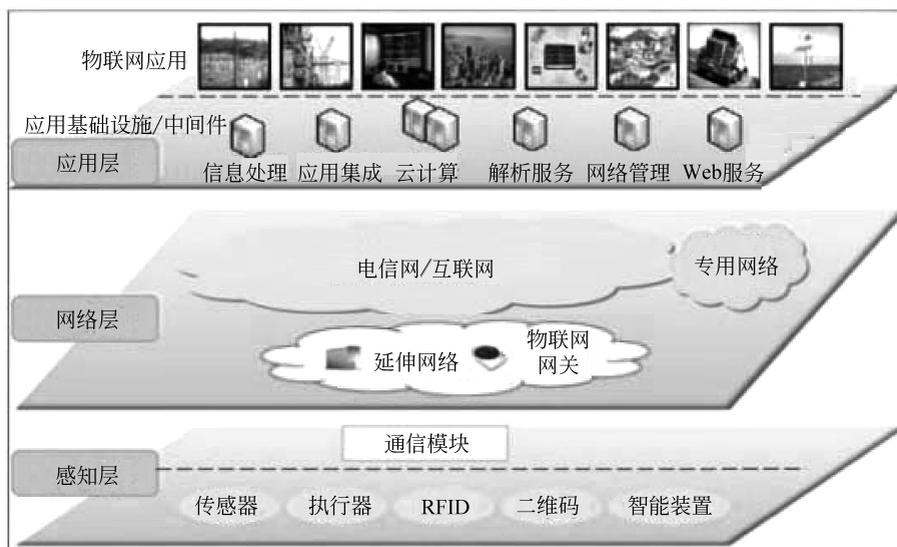


图 1-2 物联网体系架构

## 1. 传感器和执行器

自动化控制系统包括传感器、控制器和执行器。物联网的底层架构包括传感器、执行器，而控制器的功能是在更大的范围内实现的，比如在应用层的应用+智能是在更大的范围内实现控制闭环。

传感器是一种检测装置，能够感受到被测量的信息，然后将这些信息按一定规律变换成电信号或者其他所需的信息形式并输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

传感器主要是感知环境的状态。按照传感器的原理，可将其划分为半导体传感器、激光传感器、机械传感器、视觉传感器、液位传感器、磁传感器等不同类型的。

随着物联网行业的发展，有更多的设备需要使用传感器。而随着使用量的增加，对传感器的尺寸、功耗有更高的要求，所以微机电系统（micro-electro-mechanical system, MEMS）的使用越来越多，逐渐成为物联网时代传感器的主流产品。

MEMS 是在微电子技术（半导体制造技术）基础上发展起来的，融合了光刻、腐蚀、薄膜、LIGA、硅微加工、非硅微加工和精密机械加工等技术制作的高科技电子机械器件。

MEMS 是集微传感器、微执行器、微机械结构、微电源微能源、信号处理和控制电路、高性能电子集成器件、接口、通信等于一体的微型器件或系统。

MEMS 侧重于超精密机械加工，涉及微电子、材料、力学、化学、机械学诸多学科领域。它的学科面涵盖微尺度下的力、电、光、磁、声、表面等物理、化学、机械学的各分支。

MEMS 是一个独立的智能系统，可大批量生产，其系统尺寸在几毫米乃至更小，其内部结构一般在微米甚至纳米量级。常见的产品包括 MEMS 加速度计、MEMS 麦克风、微

马达、微泵、微振子、MEMS 光学传感器、MEMS 压力传感器、MEMS 陀螺仪、MEMS 湿度传感器、MEMS 气体传感器等以及它们的集成产品。

另外,很多非接触式的传感方式也逐渐流行,比如通过图像分析或视频分析的方法,也可以实现传感。以前监测汽车是否闯红灯,是否压线,将磁钉作为传感器。而现在可以通过图像,利用图像处理方法实现传感。

执行器是根据指令改变物体的状态,如电机、开关、阀门等都属于执行器。

## 2. RFID

物联网,不言而喻就是要物物互联。既然万物互联了,那么如何识别一个物体呢?对于有计算处理能力的设备,一般用 IP 识别。比如,联网的设备都有 IP 地址,可以通过它找到并识别设备。

宇宙万物中,没有处理能力的物体占了绝大多数,那么如何识别这些物品呢?对这些物品的识别通常用的是为其赋予 ID,即通过 ID 进行识别。超市中,每一个物品都有一个条形码(bar code),超市就是通过条形码来识别商品的。

但是条形码的问题是识别效率低,所以超市的收银台经常排很长的队,收银员大部分时间浪费在扫条形码上。他们首先需要找到条形码,如果条形码有污渍而识别不出来,还要手工输入条形码的 ID,十分影响效率。

而 RFID 实际上是另外一种区别于条形码的 ID 系统。

假想一个场景,当人们在超市采购了很多商品之后,推着购物车通过出口时,一个设备可以识别所有商品的信息,并直接记入结账系统,那么超市的收银台将不再需要排队。

而能够完成以上场景的技术就是 RFID 技术。2005 年,沃尔玛曾经要求所有供应商提供给沃尔玛的商品都要含有 RFID 标签,其目的是解决这个问题。

所以,RFID 在 2005 年最流行、最热门。但是当时 RFID 的技术并不成熟,一方面成本高,另一方面识别率低,导致 RFID 的普及程度不高。

随着 RFID 技术的发展,改变了工艺之后,不仅成本降低了,而且识别率得到提升,应用开始越来越广泛。比如,现在服装行业已经普遍使用 RFID;我们熟悉的公交卡、ETC 都使用了 RFID 技术。

## 3. 二维码

沃尔玛曾经对 RFID 寄予了很高的期望。在实际生活中,需要对 ID 进行识别,而早期 RFID 识别率低、成本高。这时,二维码作为中间过渡技术,有了很多的应用,所以二维码也是传感技术之一。而随着移动互联网的发展,手机输入链接非常麻烦,二维码作为一个链接的输入工具,有非常广泛的应用。另外,RFID 在液体或者金属的环境中,识别率会降低,在一些金属产品或者液体容器上,也会应用二维码。

物联网的感知层主要起到了识别物体,感知物体状态及控制物体状态等几个方面的作用。

## 1.2.2 网络层

物联网是万物互联,如果物体要连接到物联网中,一定需要网络层,而物联网需要将各种通信技术进行融合。

在物联网时代,需要联网的设备差异非常大,有需要快速连接、数据传输量大的连接设备,比如计算机、视频设备,就需要高速、高可靠性的通信方式。

也有很多数据量不大、对及时响应性要求不高的设备,而这些设备需要连接便捷及无线连接。未来这些设备的连接数量可能非常多,那么需要自动连接、无线连接及非常低的功耗,所以通信的要求非常不一致。

在物联网发展的早期,关于物的连接,有针对高端设备的自动化总线。而更多的通信协议是为了传输计算机、手机等设备的大数据量。所以物联网发展早期,物联网通信协议更多地借用了针对这些设备的通信,比如 Wi-Fi 是最不适合做智能家居的通信协议,因为功耗高,而且当连接数量多了之后,稳定性差。但因为 Wi-Fi 网络的普及度高,所以智能家居最开始时,使用 Wi-Fi 协议的通信占据了主流。

从技术角度讲,ZigBee 可能比 Wi-Fi 更适合智能家居,但 ZigBee 协议本身并不兼容,而 Wi-Fi 不需要组网就可以直接使用,这是最根本的原因。

高端设备需要高速、稳定的连接,通信的速率、稳定性、可靠性是关键;而对于低端设备,连接的便捷性、低成本、低功耗是关键。不同的目的,需要不同的连接方式。

物联网早期发展的瓶颈是连接,随着 NB-IoT 协议的推出及通信技术的完善,连接的瓶颈将有望在近年突破。

## 1.2.3 应用层

应用层确定物联网系统的功能、服务要求,是物联网系统构建时确定的任务与目标。应用层也是物联网架构的最终实现环节,主要是对感知层采集并通过网络层传输到云服务器的数据进行计算、处理和知识挖掘,从而达到对物理世界进行实时控制、精确管理和科学决策的目的。

应用层包含应用基础设施/中间件和物联网应用。而物联网的应用包含传统的一些应用和新兴的应用,在这些应用中,更多的是利用数据创造智慧。

早期的物联网架构中,应用、智能都集中在云平台上,智能体现在物联网的 PaaS 平台上。但是最近几年,随着应用的普及,应用、智能全部在云计算平台上也出现了一些问题。

比如,智能家居所有的智能都通过云平台实现,对家里所有设备的控制都通过云计算实现,如果网络断了,如何控制家里的设备呢?因此,智能全部在云平台上实现是有缺陷的。

最近几年物联网行业的讨论热点逐步从云平台转向了边缘计算,只需局部数据就可以将智能控制部分放在边缘计算层,而需要多方数据融合形成的智能才在云计算中心。

## 1.3 物联网技术

物联网技术的核心和基础仍然是互联网技术,这是在互联网技术基础上延伸和扩展的一种网络技术,其用户端延伸和扩展到了任何物品和物品之间进行信息交换和通信。因此,物联网技术可以定义为:物联网是通过 RFID、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,将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、追踪、监控和管理的一种网络技术。

物联网的快速发展对无线通信技术提出了更高的要求,专为低带宽、低功耗、远距离、大量连接的物联网应用而设计的 LPWAN(low-power wide-area network,低功耗广域网)也快速兴起,NB-IoT 和 LoRa 是其中的典型代表,也是最具有发展前景的两个低功耗广域网通信技术。NB-IoT 和 LoRa 两种技术具有不同的技术和商业特性,所以在应用场景方面会有不同。

### 1. LoRa 是易于建设和部署的低功耗广域物联技术

LoRa 的诞生要比 NB-IoT 早些。2013 年 8 月, Semtech 公司向业界发布了一种新型的基于 1GHz 以下的超长距(long range, LoRa)、低功耗数据传输技术的芯片。其接收灵敏度达到了惊人的 148dBm,与业界其他先进水平的 sub-GHz 芯片相比,最高的接收灵敏度改善了 20dBm 以上,这确保了网络连接的可靠性。

它使用线性调频扩频调制技术,既保持了与 FSK(频移键控)调制相同的低功耗特性,又明显地增加了通信距离,同时提高了网络效率并消除了干扰,即不同扩频序列的终端即使使用相同的频率同时发送也不会相互干扰,因此在此基础上研发的集中器/网关(concentrator/gateway)能够并行接收并处理多个节点的数据,大幅扩展了系统容量。LoRa 的技术特点如图 1-3 所示。

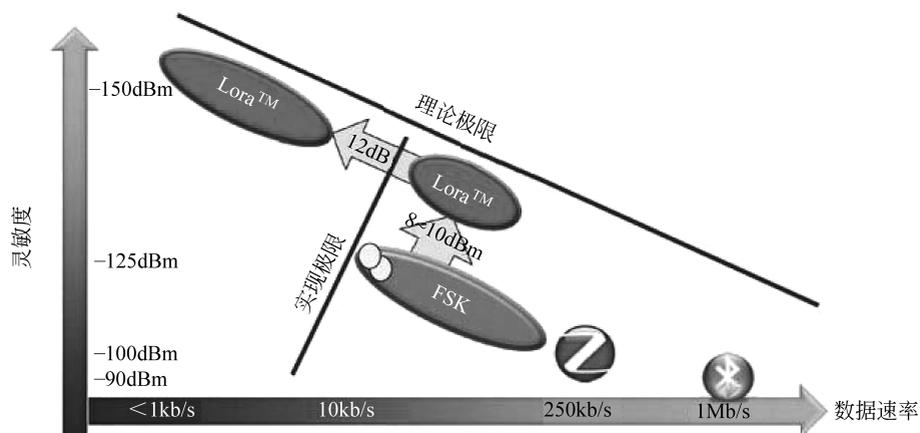


图 1-3 LoRa 的技术特点

线性扩频已在军事和空间通信领域使用了数十年,因为其可以实现长通信距离和干扰的鲁棒性,而 LoRa 是第一个用于商业用途的低成本实现。随着 LoRa 的引入,嵌入式无线通信领域的局面发生了彻底的改变。这一技术改变了以往关于传输距离与功耗的折中考虑方式,提供了一种简单的能实现远距离传输、长电池寿命、大容量、低成本的通信系统。

LoRa 主要在全球免费频段(即非授权频段)运行,包括 433MHz、868MHz、915MHz 等。LoRa 网络主要由终端(内置 LoRa 模块)、网关(或称基站)、服务器和云四部分组成,应用数据可双向传输,如图 1-4 所示。

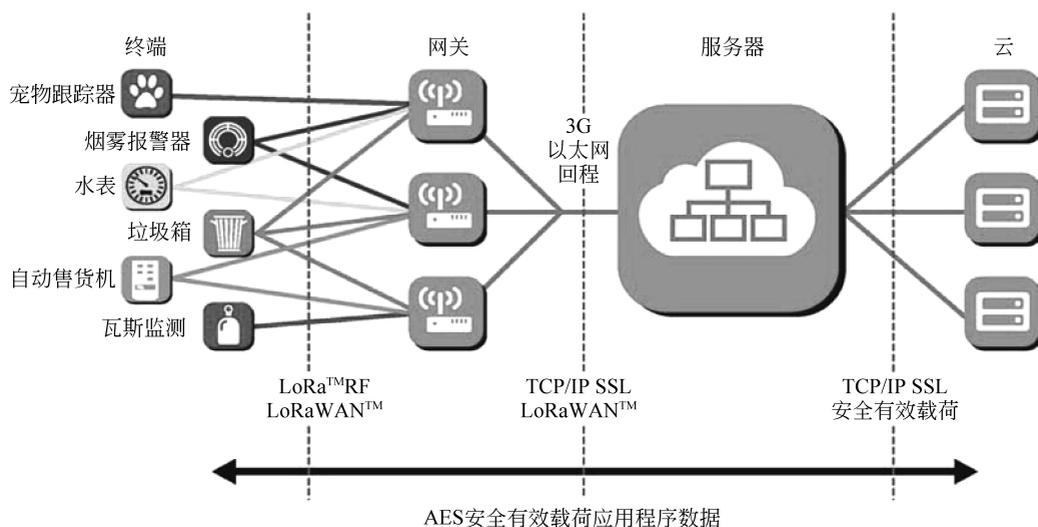


图 1-4 LoRa 网络架构

## 2. NB-IoT 技术有后来居上的特点

NB-IoT 是一种 3GPP 标准定义的低功耗广域网解决方案,旨在克服物联网主流蜂窝标准设置中功耗高和距离限制,是采用授权频谱的技术之一。NB-IoT 是物联网领域一种新兴的技术,支持低功耗设备在广域网的蜂窝数据连接。NB-IoT 支持待机时间长、对网络连接要求较高设备的高效连接。

NB-IoT 具备以下四大特点。

(1) 广覆盖: 在相同的频段下,NB-IoT 比现有的网络覆盖面积扩大 100 倍,增益 20dB。

(2) 海量的连接能力: NB-IoT 具有优化的网络架构,它的一个扇形区域可以连接 10 万个网络终端设备。

(3) 更低的功耗: NB-IoT 可以连接低功耗的网络终端设备,待机时间可以长达 10 年。

(4) 更低的模块成本: 企业预期的单个接连模块不超过 5 美元。

NB-IoT 与 LoRa 技术参数对比结果见表 1-1。

表 1-1 NB-IoT 与 LoRa 技术参数对比

类 型	NB-IoT	LoRa
技术特点	蜂窝	线性扩频
网络部署	与现有蜂窝基站复用	独立建网
频段	运营商频段	150MHz~1GHz
传输距离	远距离	远距离(1~20km)
速率	<100kb/s	0.3~50kb/s
连接数量	$2 \times 10^5$ 个/小区	$2 \times 10^5$ 个/小区
终端电池工作时间	约 10 年	约 10 年
成本	模块 5~10 美元	模块约 5 美元

任何技术都不能完全占领市场,NB-IoT 将会对整个行业的发展起到促进作用。从某种程度上说,NB-IoT 和 LoRa 是属于两个阵营的,因为 NB-IoT 主要依赖于运营商的基础设施进行协议对接;LoRa 是一个更灵活的自主网络,在任何需要的地方都可以进行部署。它们两者在物联网市场中是互补共存的。

## 1.4 物联网标准

从 2014 年开始,中国掀起物联网风潮,各家厂商无不努力寻找各种能跟物联网产生联系的机会,然而,碎片化发展的技术标准与产品/服务规格却阻碍了物联网市场的成长脚步。为了能让各家设备彼此沟通并使用共通性的应用软件与服务,物联网需要再继续发展与整合相关标准与协议内容及机制,因此,有必要了解物联网标准化的全球动态及市场需求。欧盟在 2015 年 3 月协同各主要物联网标准组织发起成立了一个名为 the alliance for the internet of things innovation 的物联网联盟,简称 AIOTI。

AIOTI 进一步将参与其中的物联网标准组织,以市场类型及技术类型进行了分类,如图 1-5 所示。由此可观察到大多数厂商聚焦在 B2C 市场中提供顾客所需的服务与信息应用,而这些服务与应用的基础就是通信技术。前述服务与应用的范围则包括智能家居(含智能医疗)、智能制造(含产业自动化)、智能车(含交通)、智慧能源、智慧城市(含建筑与各种应用到特定应用目的的自动化系统,如废弃物管理、停车管理或大楼管理等)、智能穿戴设备与智慧农业(含食品)等领域,各应用方向分述如下。

(1) 智能家居。智能家居基本上以解决人类生活问题为其主要目的,将物联网应用到家中各式家电及周遭设备中,使家居生活变得更舒适、安全和高效。而 AIOTI 尤其关注老年化问题,并运用物联网解决老年人口不断增长而衍生的各种问题,希望能让老年人活得更健康、更有活力,有更好的生活质量,能够独立自主地生活而不必要依靠照护机构,进而减少照护成本。因此,智能家居除了衣、食、住、行、育、乐外,通常也会整合远程医疗

