

物联网概念是在互联网概念的基础上,将其用户端延伸和扩展到任何物品与任何物品之间,进行信息交换和通信的一种网络,最核心的是**把物联到网上**。物联网的系统架构自下而上分别是:底层——利用 RFID 等无线通信技术、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息,感知世界的感知层主要完成信息的采集、转换和收集;中间层——用来传输数据的网络传输层,主要完成信息传递和处理;上层——把感知层得到的信息进行分析处理的应用服务层,主要完成数据的管理和数据的处理,并将这些数据与行业应用相结合,实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等实际应用。

一个物联网系统基本是由如图 3-1 所示的三部分组成:一个是传感器主导的信息采集系统,一个是处理和传输系统,一个是云及处理系统。物联网是利用现有技术去搭建的,下面分别介绍物联网的关键技术。

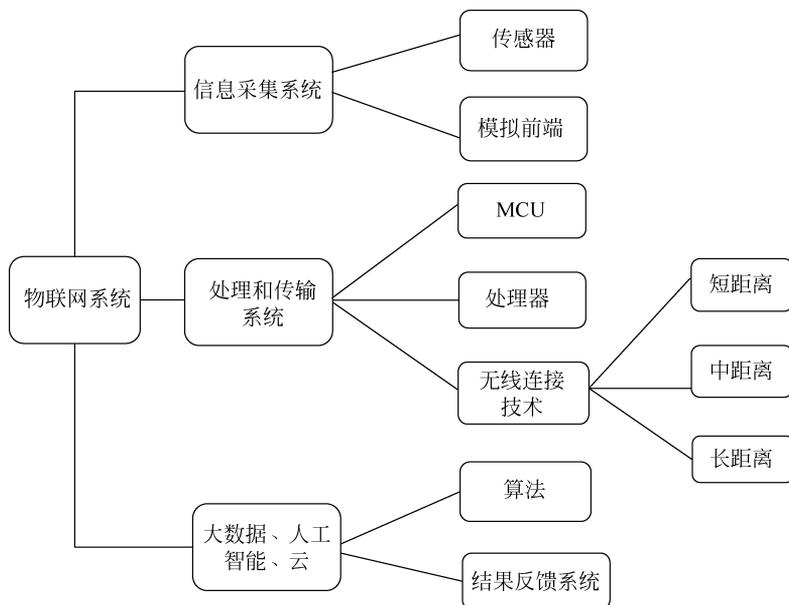


图 3-1 物联网系统构成

3.1 感知技术

感知功能是构建物联网系统的基础。其包含的关键技术有 RFID 等无线通信技术、传感器技术、信息处理技术等,感知是信息采集和处理的关键部分。下面将分别对各项技术进行介绍。

3.1.1 RFID

1. RFID 简介

RFID 是一种利用无线射频技术去识别目标对象并获取相关信息的非接触式的双向通信技术,其系统由一个阅读器和若干标签组成,如图 3-2 所示。标签分有源标签和无源标签,有源标签自身带电源,无源标签自身不带电源,能量来自阅读器发射的电磁波,把这个电磁波转化为自己工作的能源。

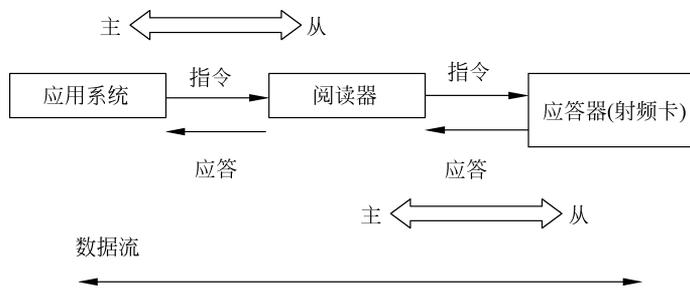


图 3-2 射频识别技术的基本原理

其原理是利用射频信号和空间耦合(电感或电磁耦合),实现对被识物体的自动识别。其工作过程如图 3-3 所示。

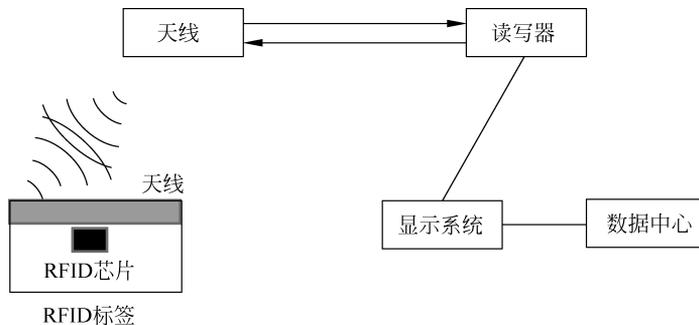


图 3-3 RFID 的工作过程

RFID 标签与条形码相比具有读写距离远、储存量高等特性,另外 RFID 技术具有以下特点:

- (1) 快速扫描。RFID 识别器的防碰撞技术能够有效避免不同目标标签之间的相互干扰,可以同时识别多个目标,颠覆了以往条码、磁卡、IC 卡等一次只能识别一个目标的技术。
- (2) 数据读写功能。通过射频读写器能够对支持读写功能的射频标签进行数据的写入

与读出。而条码只支持数据读出功能,条码信息一旦录入便不能再修改。

(3) 电子标签的小型化,形状多样化,使 RFID 更容易嵌入到不同的物体内部,应用于不同的产品。

(4) 耐环境性。RFID 采用非接触式读写,不怕水、油等物质,可在黑暗以及脏污环境中读取数据。

(5) 可重复使用。RFID 电子标签中存储的是一定格式的电子数据,故可通过射频读写器对其进行反复读写,比传统的条码具有更高的利用率,对信息的更新提供了便捷。

(6) 穿透性和无屏蔽阅读。在被纸张、木质材料以及塑料等非金属障碍物覆盖的情况下,射频卡也可以进行穿透性通信。而条形码在被覆盖或无光条件下将失去提供信息的能力。

(7) 数据记忆容量大。一般条码的容量为 30~3000 字符,而 RFID 的最大容量达到数兆字符。

(8) 安全性、可靠性更高。RFID 射频标签存储的是电子信息,可通过加密对数据进行保护。

射频识别的几种常见分类如表 3-1 所示。

表 3-1 射频识别几种常见分类

分类标准	具体类别	特 点
工作模式	主动式(有源标签)、被动式(无源标签)	有源标签发射功率低、通信距离长、传输容量大、可靠性高、兼容性好。无源标签体积小、质量轻、成本低、寿命长,但无源标签通常要求与读写器之间的距离较近,且读写功率大
工作频率	低频 RFID、中高频 RFID、超高频 RFID、微波 RFID 等	低频 RFID 标签典型的工作频率为 125kHz 与 133kHz; 中高频 RFID 标签典型的工作频率为 13.56MHz; 超高频 RFID 标签典型的工作频率为 860~960MHz; 微波 RFID 标签典型的工作频率为 2.45GHz 与 5.8GHz
封装形式	粘贴式 RFID、卡式 RFID、扣式 RFID 等	灵活应用

2. 射频识别的应用

随着物联网的发展,物联网逐步走进我们的生活。作为物联网中较早使用的无线通信技术,RFID 的应用领域非常广泛,包括物流领域、交通运输、医疗卫生、市场流通、食品、商品防伪、智慧城市、信息、金融、养老、教育文化、残疾事业、劳动就业、智能家电、智慧工业、生态活动支援、犯罪监视安全管理、国防军事、警备、图书档案管理、消防及防灾、生活与个人利用等。下面是 RFID 的几个典型应用。

1) 供应链管理领域

无线射频识别技术适合在物流跟踪、货架识别等要求非接触式采集数据和要求频繁改变数据内容的场合使用,特别适合供应链管理。在供应链管理中无缝整合所有的供应活动,供应商、运输商、配送商、信息提供商和第三方物流公司整合到供应链当中。在每件商品中都贴上 RFID 标签,就不必打开产品外包装,系统就能对成箱成包的产品进行识别,从而准确地随时获取产品相关信息,如产品、生产地点、生产商、生产时间等。RFID 标签可以对商品从原料、成品、运输、仓储、配送、上架、销售、售后等所有环节进行实时监控,不仅极大地提

高了自动化程度,而且可大幅降低差错率,大幅削减获取产品信息的人工成本,显著提高供应链透明度,使物流各个环节实现自动化。

2) 智能电子车牌

智能电子车牌是将普通车牌与 RFID 技术相结合形成的一种新型电子车牌。电子车牌是一个存储了经过加密处理的车辆数据的 RFID 电子标签。其数据由经过授权的阅读器才能读取。同时在各交通干道架设的监测基站通过移动通信终端与中心服务器相连,还可以与警用 PDA 相连。PDA 放在监测基站前方,车辆经过监测基站时,摄像机将车辆的物理车牌拍摄下来,然后经过监测基站图像识别系统处理后,得到物理车牌的车牌号码;同时,RFID 阅读器将读取电子车牌中加密的车辆信息,经监测基站解密后,得到电子车牌的车牌号码。

由于电子车牌经过了软硬件设计和数据加密,因此不能被仿制。每辆车配备的电子车牌都有与之对应的物理车牌号码,如果是假套牌,则没有与之对应的车牌号码,此时,监测基站会将物理车牌的车牌通过 WLAN 发送到前方交警的 PDA 上,提示交警进行拦截。同理,在此过程中智能车牌系统也能识别黑名单车辆、非法营运车辆。

RFID 电子标签安全性能也非常重要。现有的 RFID 系统安全解决方案分为:第一类,通过物理方法,阻止标签与读写器之间的通信;第二类,通过逻辑方法,增加标签安全机制。

常用的物理方法如下:

(1) 杀死(Kill)标签——使标签丧失功能阻止标签的跟踪。

(2) 法拉第网罩(Faraday Cage)——由导电材料构成的法拉第网罩可以屏蔽无线电波,使外部无线电信号不能进入网罩。

(3) 主动干扰——用户使用某种设备将无线干扰信号广播出去,干扰读写器。

常用的逻辑方法如下:

(1) Hash 锁——用 Hash 散列函数给标签加锁。

(2) 随机 Hash 锁——将 Hash 锁扩展,使读写器每次访问标签的输出信息都不同,可以隐藏标签位置。

(3) Hash 链——标签使用一个 Hash 函数,使每次标签被读写器访问后,都自动更新标识符,下次再被访问,就被认为是另一个标签。

(4) 匿名 ID 方案——采用匿名 ID,即使被截获标签信息,也不能获得标签的真实 ID。

(5) 重加密方案——采用第三方设备对标签定期加密。

RFID 电子标签分为存储型和逻辑加密型两类。存储型电子标签是通过读取 ID 号来达到识别的目的,可应用于动物识别、跟踪追溯等方面。这种电子标签常应用唯一序列号来实现自动识别。逻辑加密型的 RFID 电子标签有些涉及小额消费,其安全设计是极其重要的。逻辑加密型的 RFID 电子标签内部存储区一般按块分布,并由密钥控制位设置每数据块的安全属性。

3.1.2 传感器

传感器是物联网的神经末梢,是物联网感知世界的终端模块,同时传感器会受到环境恶劣的考验。

1. 传感器技术简介

传感器是许多装备和信息系统必备的信息获取单元,用来采集物理世界的信息。传感器实现最初信息的检测、交替和捕获。传感器技术的发展体现在三个方面:感知信息、智能化、网络化。

传感器技术涉及传感信息获取、信息处理和识别的规划设计、开发、制造、测试、应用及评价改进活动内容,是从自然信源获取信息并对获取的信息进行处理、变换、识别的一门多学科交叉的技术。

如图 3-4 所示,传感器网络节点的组成和功能包括如下四个基本单元:感知单元、处理单元、通信单元以及电源部分。还可以选择加入如定位系统、运动系统以及发电装置等其他功能单元。

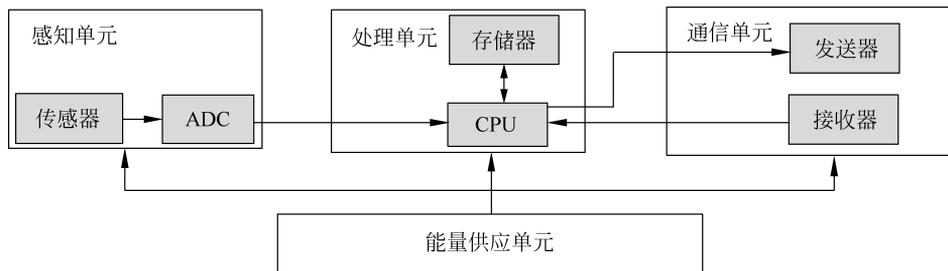


图 3-4 传感器节点结构

电源为传感器正常工作提供电能。感知单元用于感知、获取外界的信息,并将其转换成数字信号。处理单元主要用于协调整节点内各功能模块的工作。通信单元负责与外界通信。

2. 传感器的分类

传感器可根据不同分类方法进行分类:

(1) 按所属学科分为物理型、化学型、生物型传感器。物理型传感器是利用各种物理效应,把被测量参数转换成可处理的物理量参数;化学型传感器是利用化学反应,把被测量参数转换成可处理的物理量参数;生物型传感器是利用生物效应及机体部分组织、微生物,把被测量参数转换为可处理的物理量参数。

(2) 按传感器转换过程中的物理机理分为结构型传感器和物性型传感器。结构型传感器是依靠传感器结构(如形状、尺寸等)参数变化,利用某些物理规律引起参量变化并被测量,将其转换为电信号实现检测(如电容式压力传感器,当压力作用在电容式敏感元件的动极板上时,引起电容间隙的变化导致电容值的变化,从而实现对压力的测量)。物性型传感器是利用传感器的材料本身物理特性变化实现信号的检测(包括压电、热电、光电、生物、化学等,如利用具有压电特性的石英晶体材料制成的压电式传感器)。

(3) 按能量关系,可分为能量转换型和能量控制型传感器。能量转换型传感器是直接利用被测量信号的能量转换为输出量的能量。能量控制型传感器是由外部供给传感器能量,而由被测量信号来控制输出的能量,相当于对被测信号能量放大。

(4) 根据作用原理,可分为应变式、电容式、压电式、热电式、电感式、电容式、光电式、霍尔式、微波式、激光式、超声式、光纤式、生物式及核辐射式传感器等。

(5) 根据功能用途,可分为温度、湿度、压力、流量、重量、位移、速度、加速度、力、热、磁、

光、气、电压、电流、功率传感器等。

(6) 根据功能材料,可分为半导体材料、陶瓷材料、金属材料、有机材料、半导磁、电介质、光纤、膜、超导、拓扑绝缘体等。半导体传感器主要是硅材料,其次是锗、砷化镓、铋化钢、碲化铅、硫化镉等,主要用于制造力敏、热敏、光敏、磁敏、射线敏等传感器。陶瓷传感器材料主要有氧化铁、氧化锡、氧化锌、氧化锆、氧化钛、氧化铝、钛酸钡等,用于制造气敏、湿敏、热敏、红外敏、离子敏等传感器。金属传感器材料主要用在机械传感器和电磁传感器中,用到的材料有铂、铜、铝、金、银、钴合金等。有机材料主要用于力敏、湿度、气体、离子、有机分子等传感器,所用材料有高分子电解质、吸湿树脂、高分子膜、有机半导体聚咪唑、酶膜等。

(7) 按输入量可以分为位移、压力、温度、流量、气体等。

(8) 按输出量的形式可分为模拟式传感器、数字式传感器、膺数字传感器、开关传感器等。模拟式传感器输出量为模拟量,数字式传感器输出量为数字量,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—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。

(9) 按输出参数可分为电阻型、电容型、电感型、互感型、电压(电势)型、电流型、电荷型及脉冲(数字)型传感器等。

(10) 按照制造工艺分为集成传感器、薄膜传感器、厚膜传感器、陶瓷传感器等。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。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。

(11) 根据测量对象特性不同分为物理型、化学型和生物型传感器。物理型传感器是利用被测量物质的某些物理性质发生明显变化的特性制成的。化学型传感器是利用能把化学物质的成分、浓度等化学量转化成电学量的敏感元件制成的。生物型传感器是利用各种生物或生物物质的特性做成的,用以检测与识别生物体内化学成分的传感器。

其中湿度传感器的原理常用的有湿敏电阻和湿敏电容两种,湿敏电阻传感是在基片上覆盖—层用感湿材料制成的膜,当空气中的水蒸气吸附在感湿膜上时,元件的电阻率和电阻值都发生变化,利用这一特性即可测量湿度。湿敏电容传感是用高分子薄膜电容制成的,常用的高分子材料有聚苯乙烯、聚酰亚胺、酪酸醋酸纤维等。当环境湿度发生改变时,湿敏电容的介电常数会发生变化,使其电容量也发生变化,其电容变化量与相对湿度成正比。

压力传感器主要有压电压力传感器、压阻压力传感器、电容式压力传感器、电磁压力传感器、振弦式压力传感器等。压电压力传感器主要基于压电效应(Piezoelectric effect),利用电气元件和其他机械把待测的压力转换成为电量,再进行测量。主要的压电材料是磷酸二氢胺、酒石酸钾钠、石英、压电陶瓷、铌镁酸压电陶瓷、铌酸盐系压电陶瓷和钛酸钡压电陶瓷等。传感器的敏感元件是用压电的材料制作而成的,而当压电材料受到外力作用的时候,它的表面会形成电荷,电荷通过电荷放大器、测量电路的放大以及变换阻抗以后,就会被转换成为与所受到的外力成正比关系的电量输出。它是用来测量力以及可以转换成为力的非电物理量,如加速度和压力。压阻压力传感器主要基于压阻效应(Piezoresistive effect)。压阻

效应是用来描述材料在受到机械式应力下所产生的电阻变化。电容式压力传感器是一种利用电容作为敏感元件,将被测压力转换成电容值改变的传感器。电磁压力传感器包括电感压力传感器、霍尔压力传感器、电涡流压力传感器等。振弦式压力传感器的敏感元件是拉紧的钢弦,敏感元件的固有频率与拉紧力的大小有关。弦的长度是固定的,弦的振动频率变化量可用来测算拉力的大小,频率信号经过转换器可以转换为电流信号。

3. 传感器的性能指标

衡量传感器指标包括重复性、线性度、迟滞、稳定性、分辨率、温稳定性、寿命、多种抗干扰能力等。

(1) 线性度:传感器的输入/输出之间会存在非线性。传感器的线性度就是输入/输出之间关系曲线偏离直线的程度。

(2) 迟滞:传感器在正(输入量增大)反(输入量减小)行程中输出与输入曲线不相重合时称为迟滞,如磁滞、相变。

(3) 重复性:重复性是指传感器在输入按同一方向作全量程连续多次变动时所得特性曲线是否一致的程度。

(4) 灵敏度:灵敏度是指传感器输出的变化量与引起改变的输入变化量之比。

(5) 分辨率:分辨率是指传感器能检测到的最小的输入变量。

4. 传感器技术应用

传感器的应用领域相当广泛,从茫茫宇宙到浩瀚海洋,再到各种复杂的工程系统,几乎每一个项目都离不开各种各样的传感器。

1) 机械制造

在机械制造中,用距离传感器来检测物体的距离;在工业机器人中,用加速度传感器、位置传感器、速度及压力传感器等来完成机器人需要进行的动作。

2) 环境保护

在环境保护中,各种气体报警器、气体成分检测仪、空气净化器等设备,用于易燃、易爆、有毒气体的报警等,有效防止火灾、爆炸等事故的发生,确保环境清新、安全。采用汽车尾气催化剂和尾气传感器,解决汽车燃烧汽油所带来的尾气污染问题。

3) 医疗卫生

医疗诊断测试用的传感器,尤其是血糖测试传感器将占据整体市场的大半部分。血糖测试传感器的市场规模还将以大约年率3%持续成长。从智能包装传感器来看,食品和一般消费者倾向的医疗护理产品,如检测温度、湿度,以及各种化学物质和气体包装将显著增长。

5. 传感器技术的安全机制

传感器是物联网中感知物体信息的基本单元,同时传感网络比较脆弱,容易受到攻击,如何有效地应对这些攻击,对于传感网络来说十分重要。

1) 物理攻击防护

建立有效防护物理攻击非常重要,如当感知到一个可能的攻击时,就会自销毁,破坏一切数据和密钥。还可以将随机时间延迟加入到关键操作过程中,设计多线程处理器,使用具有自测试功能的传感器实现物理攻击的有效防护。

2) 密钥管理

密码技术是确保数据完整性、机密性、真实性的安全技术。如何构建与物联网体系架构

相适应的密钥管理系统是物联网安全机制面临的重要问题。

物联网管理系统的管理方式有两种,分别为以互联网为中心的集中式管理和以物联网感知为中心的分布式管理。前者将感知互动层接入到互联网,通过密钥分配中心与网关节点的交互,实现对物联网感知互动层节点的密钥管理;后者通过分簇实现层次式网络结构管理,这种管理方式比较简单,但是由于对汇聚节点和网关的要求较高,能量消耗大,实现密钥管理所需要的成本也比前者高出很多。

3) 数据融合机制

安全的数据融合是保证信息和信息传输安全、准确聚合信息的根本条件。一旦数据融合过程中受到攻击,则最终得到的数据将是无效的,甚至是有害的。因此,数据融合的安全十分重要。

安全数据融合的方案可由融合、承诺、证实三个阶段组成。在融合阶段,传感器节点将收集到的数据送往融合节点并通过指定的融合函数生成融合结果,融合结果的生成是在本地进行的,并且传感节点与融合节点共用一个密钥,这样可以检测融合节点收到数据的真实性;融合阶段生成承诺标识,融合器提交数据且融合器将不再被改变;证实阶段通过交互式证明协议主服务器证实融合节点所提交融合结果的正确性。

4) 节点防护

节点的安全防护可分为内部节点之间的安全防护、节点外部安全防护以及消息安全防护。节点的安全防护可通过鉴权技术实现。首先是基于密码算法的内部节点之间的鉴别,共用密钥的节点可以实现相互鉴别;再者是节点对用户的鉴别,属于节点外部的安全防护,用户是使用物联网感知互动层收集数据的实体,当其访问物联网感知互动层并发送收集数据请求时,需要通过感知互动层的鉴别;最后,由于感知互动层的信息易被篡改,因此需要消息鉴别来实现信息的安全防护,其中消息鉴别主要包括点对点的消息鉴别和广播的消息鉴别。

5) 安全路由

路由的安全威胁主要表现在物联网中不同结构网络在连接认证过程中会遇到 DoS、异步等攻击的安全威胁,以及单个路由节点在面对海量数据传输时,由于节点的性能原因,很有可能造成数据阻塞和丢失,同时也容易被监听控制的安全威胁。其中运用到的安全技术主要有认证与加密技术、安全路由协议、入侵检测与防御技术和数据安全和隐私保护。可信分簇路由协议 TLEACH(Trust Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)协议是一个信任管理模块和一个基于信任路由模块的有机整合,其中信任管理模块负责建立传感器节点之间的信任关系;基于信任的路由模块具有和基本 TLEACH 协议相同的簇头选举算法和工作阶段,通过增加基于信任的路由决策机制来提供更加安全的路由。

建立在地理路由之上的安全 TRANS(Trust Routing for Location-aware Sensor Networks)协议包括信任路由和不安全位置避免两个模块,信任路由模块安装在汇聚节点和感知节点上,不安全位置避免模块仅安装在汇聚节点上。

6. 超材料传感新技术

超材料(matamaterials)是人造电磁材料,由一些周期性排列的材料组成,可显著提高传感器的灵敏度和分辨率,实现基于传统材料传感器难以实现的功能,在传感器设计方面开启新的篇章。

(1) 基于超材料的生物传感技术具有无标签生物分子检测等优势,分为三种类型,即微波生物传感器、太赫兹生物传感器和等离子体生物传感器。

微波生物传感器:基于开口谐振环(SRR)阵列可以实现有效磁导率为负,响应电磁波频率在微波段。有人提出基于SRR的生物传感器,有着较小的尺寸来检测生物分子是否出现粘连。

太赫兹生物传感器:在太赫兹频段感应样品复杂的介电特性有优势,通过探测分子或声子共振对小分子化合物的共振吸收,可以直接识别化学或生物化学分子的组成。克里斯蒂安等通过向分裂环中加入第二间隙并破坏对称性,获得了电场分布的高浓度点,由超材料构成的非对称开口环谐振器(aDSR)的太赫兹频率选择表面(FSS)来感测少量的化学和生化材料。

等离子体生物传感器:表面等离子体对于衰减场的穿透深度内的电介质的折射率非常敏感,可用于开发无标记等离子体生物传感器,用于检测和调查目标与金属表面上其相应受体之间的结合情况。以超材料为基础的等离子体生物传感器能进一步提高灵敏度,采用以玻璃为基底的平行金纳米级材料,将大量金纳米棒镀在薄膜多孔氧化铝模板上,形成约 2cm^2 的平行纳米棒阵列超材料结构。

(2) **超材料薄膜传感器:**利用电磁波与薄膜样本物质之间的相互作用,在整个化学和生物学过程中提供重要信息。超材料薄膜传感器谐振频率可调谐,容易实现高灵敏度化学或生物薄膜检测。超材料薄膜传感器分为微波薄膜传感器、太赫兹薄膜传感器和等离子体薄膜传感器。

微波薄膜传感器:为了感应微量的样品物质,薄膜传感器在微波频段响应敏感。有人提出将尖端SRR超材料作为薄膜传感器来减小器件的尺寸和谐振频率以及改善Q因子。为了进一步提高电场分布,有人提出具有尖锐尖端的矩形尖端形状的aDSR,可以在较小体积时提供非常高的灵敏度。

太赫兹薄膜传感器:许多材料在太赫兹频段表现出的独特性质,可以实现新的化学和生物薄膜检测方式,提高灵敏度。波导传感器可以通过增加有效的相互作用长度来对水薄膜进行感测。为了进一步提高灵敏度,超材料已经成为高度敏感的化学或生物薄膜检测的候选对象,可以通过设计调整谐振频率响应。

等离子体薄膜传感器:在SRR阵列上施加不同厚度的薄介电层时,薄膜传感器在多谐振反射光谱中显示出每个谐振模式的不同感应行为。低阶模式具有更高的灵敏度,高阶模式呈现了具有微米级检测长度的可调节灵敏度,以允许细胞内的生物检测。可以利用较低的模式来检测小目标和大分子,包括抗体-抗原的相互作用以及细胞膜上的大分子识别,以获得优异的灵敏度以及降低来自电介质环境的噪声,高阶模式检测由于其微米级别的检测长度更远,且无标记的方式,有助于探索活细胞器和细胞内的生物特性。可用于分析寄生细胞之间相互作用,是一种无标记生物成像传感器。

(3) **超材料无线应变传感器:**超材料无线应变传感器可以实现远程实时测量材料的强度,可更好地了解瞬时结构参数,例如,在地震前后。超材料无线传感器可实时测量飞行器部件的抗弯强度、监测骨折后骨头的愈合过程。

基于超材料的无线应变传感器具有更高品质因数以及调制深度,使得超材料非常适合遥测传感应用。超材料结构可以实现更高的谐振频率偏移,从而提高灵敏度和线性度。

其他超材料传感器：超材料也可以应用其他领域，有人提出了一种高度敏感的太赫兹表面波传感器，由周期性的金属超材料组成用于近场光谱学和传感应用程序。普恩特斯等提出了使用超材料传输线路的双模传感器，这种传感器有两种不同的工作模式用于同时检测材料的介电常数和位置。本实验室还在研究介质超材料传感器，研究可见光系统中运行的基于超材料的柔性光子装置，显示出其高灵敏度应变、生物和化学感应中的潜在应用。

超材料在传感领域的应用为发展新一代的传感技术提供了新的机遇。超材料可以改善传感器的机械特性、光学特性和电磁特性，基于超材料的传感器正朝着单分子生物传感器和高通量传感器阵列方向发展。太赫兹、可见光和红外线领域对超材料的电磁响应可以在安全成像、遥感和谐振装置这些领域开启新的篇章。

7. 生物传感器

分析生物的重要方法是采用生物传感器(biosensor)获取生物数据，生物传感器属于交叉学科，涉及生物化学、电化学等多个基础学科。生物相容的生物传感器、生物可控和智能化的传感器将是生物传感器的重要方向。生物传感器在医疗、食品工业和环境监测等方面有大量应用。

生物传感器概念来源于 Clark 关于酶电极的描述，其中传感器的构成中分子识别元件为具有生物学活性的材料。

在首届世界生物传感器学术大会(BIOSENSORS'90)上将生物传感器定义为生物活性材料与相应的换能器的结合体，能测定特定的生物化学物质的传感器；将能用于生物参量测定但构成中不含生物活性材料的装置称为生物敏(biosensing)传感器。

《生物传感器和生物电子学》对生物传感器的描述为：生物传感器是一类分析器件，它将一种生物材料(如组织、微生物细胞、细胞器、细胞受体、酶、抗体、核酸等)、生物衍生材料或生物模拟材料，与物理化学传感器或传感微系统密切结合或联系起来，使其分析功能。这种换能器或微系统可以是光学的、电化学的、热学的、压电的或磁学的。Turner 教授将它简化定义为：生物传感器是一种精致的分析器件，它结合一种生物的或生物衍生的敏感元件与一只理化换能器(如氧电极、光敏管、场效应管、压电晶体等)，能够产生间断或连续的数字电信号，信号强度与被分析物成比例。

1977年，日本东京大学的 Iso Karube 和美国 Georgia 技术学研的 J. Janata 分别提出了测定生物化学需氧量(Biochemical Oxygen Demand, BOD)的微生物传感器和测抗原的免疫传感器。随后出现了细胞器传感器、细胞传感器和组织切片传感器。

随着生物技术、生物电子学和微电子学的不断渗透、融合，生物传感器不再局限于生物反应的电化学过程，而是根据生物学反应中产生的各种信息(如光效应、热效应、场效应和质量变化等)来设计各种精密的探测装置。

在功能方面，生物传感器已经发展到活体测定、多指标测定和联机在线测定，检测对象包括各种常见的生物化学物质，可用在临床、发酵、食品、化工和环保等方面。

20世纪80年代牛津出版社出版了《生物传感器：基础与应用》(*Biosensors: Fundamental and Applications*)，该书由65位著名学者联合执笔，被誉为生物传感器的“圣经”。

1992年，在瑞士日内瓦召开了 BIOSENSORS'92，光生物传感器是大会的亮点，奥地利 Karl-Franzens 大学 O. S. Wolfbeis 教授和法国 Lyon 大学的 P. R. Coule 教授分别做了“酶光导纤维传感器”和“荧光素酶生物传感器”的报告。另一项研究成果是利用表面等离子体

共振(Surface Plasmon Resonance, SPR)研究生物分子识别作用,该方法在亲和生物反应和免疫学以及分子识别研究方面具有重要的应用价值,SPR 已经成为生物分子识别研究的首选方法。

1994年,在美国召开 BIOSENSORS'94。出现生物传感器阵列、DNA 的液晶性质与 DNA 传感器、光波导生物传感器。

1996年,在曼谷举行了 BIOSENSORS'96。介体酶电极血糖传感器结合丝网印刷技术取得了成功,为糖尿病人自我监护带来极大方便。作为人工模拟酶或受体的分子印迹(Molecular Imprinting, MIP)技术首次在大会引入。

1998年,在德国柏林召开了 BIOSENSORS'98。澳大利亚 Cornell 博士做了离子通道开关生物传感器报告,引入单分子测定概念和技术。核酸生物传感器成为大会的主题之一,代表了生物传感器研究新的方向。

2000年,在美国 San Diego 举行了第6次世界生物传感学术大会,核酸传感器和分子识别(molecular recognition)方向引人注目。生物传感器的早期的开拓者之一、美国 Hawaii 大学 G. A. Rechnitz 教授做了生物传感器:从酶到神经突触(*Biosensors: from enzymes to synapses*)的报告。他表示科学研究的发现很大程度上源于科学家对新事物的兴趣,有时候,研究只是为了乐趣(for fun),不经意之间的发现就变成了对科学和社会的贡献。他的研究大多集中在植物和动物的敏感组织或器官,甚至是个体上完整的生物传感器。

2002年的世界生物传感学术大会在日本京都召开。DNA 生物传感器和 DNA 芯片研究受到关注。组合化学和分子印迹生物传感器也取得了进展。

2004年,在西班牙召开了第8届国际生物传感学术大会,论文涉及核酸生物传感器、DNA 芯片、生物电子学、生物燃料电池、微分析系统、酶传感器、器官与全细胞生物传感器、传感器系统集成、蛋白质组学和单细胞分析、免疫传感器、天然受体与合成受体生物传感器、新的信号传导技术等。

2014年第24届世界生物传感学术大会在澳大利亚墨尔本召开,会议交流的主题有纳米生物传感器(纳米材料、纳米分析系统)、细胞生物传感器、免疫传感器、酶生物传感器、核酸生物传感器、微流控系统、芯片实验室、治疗与生物电子、印刷生物传感器与印刷电子、商业化生物传感器制造及市场分析等。个体化医疗生物传感、大数据科学与生物传感、智能手机生物传感成为新的发展动向。中科院生物物理研究所乐加昌专题报告“ATP 酶分子马达生物传感器”,以创新性获得大会最佳论文奖第一名。该论文通过 ATP 酶分子马达的转动显著放大分子信号,成功解决了单分子连接技术的难点,实现了生物样品的高灵敏检测。

纳米技术的引入赋予了生物传感许多新的特性,如高灵敏、多参数、微环境应用等。纳米效应包括表面效应、小尺寸效应和宏观量子隧道效应。当传感器或传感器组件达到纳米尺度时,这些效应便不同程度显现:在纳米尺寸,传感界面表面原子所占的百分数显著增加,传感器的灵敏度也获得提高。小尺寸效应会导致光学性质、热学性质、磁学性质、力学性质等发生变化。例如,半导体纳米悬臂梁,能够称量一个病毒的重量,半导体量子点,在同一个激发波长条件下,发射光频率会随量子点尺寸的改变而变化,通过调节量子点尺寸可以获得不同的发射颜色,这使得多靶标光学测定变得简单。由于量子点比荧光染料和荧光蛋白的抗光漂白的能力要强得多,适合于长时程观察,目前已在生命科学研究和疾病检验方面获得广泛应用。

蛋白质和 DNA 等生物大分子是天然的纳米材料。通过自组装,在细胞内形成结构精巧、功能独特的生物传感网络和分子机器系统,保证新陈代谢的有序进行。认识它们的复杂结构和运作机理,对于深入理解生命现象有重要帮助。基于获得的知识,构建纳米生物传感器,或与纳米材料相结合构建杂合纳米生物传感器,特别适合于活细胞中生物学过程和重大疾病发生发展过程的研究。

穿戴式生物传感器及无创测定的兴起:穿戴式传感器系统能够实时地测量个体生命参数,如体温、脉搏、血压、呼吸频率等生理指标,通过手机将数据发送到医疗健康数据中心,有利于患者居家监护、个体化医疗和远程医疗。生物传感器的测定对象都在体内,如何实现无创(non-invasive)测定成为主要挑战。

在细胞上实现超分辨率成像,活细胞条件下的分子事件探测分辨率突破光学显微镜衍射极限,而电子显微镜对活细胞探测存在困难,在如何在活细胞内实现超高时空分辨的分子事件探测方面,仍然是挑战,本实验室在这个方向也在用新方法做尝试。

人体生化、免疫等参数和疾病标志物的测定一般要采集血液,为减少患者的痛苦需探索无创测定技术,主要有两个技术路径:电化学酶电极方法和光学方法。可以通过测定其他体液样品来间接反映血液成分。例如,采用电流法或负压法使皮下组织葡萄糖渗出,再用酶电极测定。光学法是利用被检测对象的光谱学特征进行测定,包括弹性光散射法、拉曼光谱方法、原位 SPR 法等。葡萄糖分子在近红外区间有吸收峰,但与水分子、脂肪和血红蛋白等吸收相互重叠,干扰严重,加上皮肤组织的光吸收和光散射大大减弱了本来就比较弱的葡萄糖光吸收信号。此外,皮肤和组织的厚度及结构也因人而异。

以色列两家公司分别通过大数据建模和机器学习,创建了两种“学习法”测定血糖技术。CNOGA 公司产品 TensorTip CoG 设备具有 4 个发光二极管光源,可发送波长 600~1150nm 的光。当光通过手指,人体组织对光的吸收会使透过光改变颜色,用摄像传感器检测光谱的变化,同时采血测定血糖浓度,以建立血糖与光谱变化的相关性。通过反复学习和处理器的算法,对多达上亿个色彩组合进行分析建模,最终能无创地计算出血糖浓度。另一款产品 Gluco Track 采用多模量方法,在耳垂部位测量超声波、电磁和热量的变化,来计算血糖浓度。由于血液生化标志物浓度一般都很低,加上皮肤厚度、组织结构等生物要素因人而异,学习和建模必须考虑个体差异,存在一定困难。

科学家已经获得多种化合物分子的拉曼光谱表征数据和指纹图谱。由于水分子的拉曼散射极弱,拉曼光谱适合于水溶液中有机分子的无标记测定。用拉曼光谱技术可在体外测定血糖、尿糖、白蛋白等的含量,并在研究测定体内血液组分成。采用表面增强拉曼光谱(SERS)方法可以有选择性地放大靶标生物分子特定发色基团的振动,提高检测灵敏度。

生物传感器在活体测定方面具有重要意义。神经递质(如多巴胺)是神经细胞分泌和传递给靶细胞的信息,调节人类行为和大脑功能。多巴胺神经传递在动机、学习、认知和运动调节中起主要作用,其水平异常被认为与成瘾行为、神经系统疾病、精神分裂症和精神病关联。体内测定多巴胺有微透析采样+电化学法分析、正电子发射断层扫描法(PET)、荧光光纤光度法,相关的生物传感器已有酶电极、DNA 修饰电极、适配子(Aptamers)修饰电极、分子印迹物(MIPs)修饰电极等。采用纳米材料可以进一步实现微创分析,高时空分辨和抗电极活性物质干扰是主要研究方向。光遗传学(Optogenetic)技术可用于发展活体测定的生物传感。在神经调制的 G 蛋白偶联受体(GPCR)信号过程中,有多种类型的分子光感受器

可参与作用,如视蛋白(Opsins)、光活性蛋白、光开关分子和荧光蛋白等。分子光感受器受外部激发后产生构象变化,触发 GPCR 信号通路。通过光激发和去光激发,实现细胞信号的调制,从而监视体内神经活动。这类光感受器可以归为分子生物传感器类。

分子生物传感器是由 DNA 或蛋白质等生物大分子通过基因重组或 DNA 合成技术构成的传感器,适合细胞内分子事件的探测。分子传感器主要有分子信标(MB)、荧光能量转移系统(FRET)、生物发光能量转移系统(BRET)、双分子荧光互补系统(BiFC)。通过自身的构象变化、光反应及光学活性变化来指示靶标生物分子在活细胞中的定位、运动和分布、分子之间相互作用、分子构象变化、酶活性检测、细胞及亚细胞结构对环境变化和外生化合物作用的响应等。分子生物传感器与超分辨显微系统相结合,能够实现单分子事件的成像检测。

合成生物学、人工智能、纳米技术、大数据等新兴学科领域的发展与融合,将可能产生新思想、新原理和新方法,促进生物传感技术难题的解决,并提升生物传感性能、赋予其新的功能和特性。

生物传感器的组成及工作原理:

生物传感器主要是由生物识别和信号分析两部分组成。具有分子识别能力的生物敏感识别元件构成了生物识别部分,敏感元件包括细胞、生物素、酶、抗体及核酸。信号分析部分又叫换能器。工作原理是根据物质电化学、光学、质量、热量、磁性等,物理化学性质将被分析物与生物识别元件之间反应的信号转变成易检测、量化的另一种信号,如电信号,再经过信号读取设备的转换过程,最终得到可以对分析物进行定性或定量检测的数据,如图 3-5 所示。

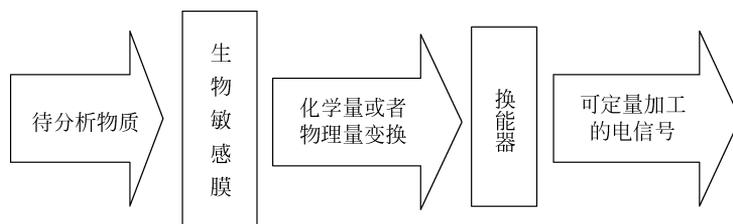


图 3-5 生物传感器原理

生物传感器识别和检测待测物的工作原理:待测物分子与识别元素接触;识别元素把待测物分子从样品中分离出来;转换器将识别反应相应的信号转换成可分析的化学或物理信号;使用分析设备对输出的信号进行相应的转换,将输出信号转化为可识别的信号。生物传感器中的识别元素是生物定性识别的决定因素;识别元素与待测分子的亲合力,以及换能器和检测仪表的精密度,在很大程度上决定了传感器的灵敏度和响应速度。

生物敏感膜(biosensitive membrane)可以作为分子识别元件(molecular recognition element),是生物传感器的关键元件,直接决定传感器的功能与质量。依生物敏感膜所选材料不同,其组成可以是酶、核酸、免疫物质、全细胞、组织、细胞器、高分子聚合物模拟酶或它们的不同组合,如表 3-2 所示。这个膜是采用固定化技术制作的人工膜而不是天然的生物膜(如细胞膜)。分子识别元件采用的是填充柱形式,但其微观催化环境仍可以认为是膜形式的,或至少是液膜形式,膜的含义是广义的。

表 3-2 不同种类的分子识别原件

分子识别元件 (生物敏感膜)	生物活性材料	分子识别元件 (生物敏感膜)	生物活性材料
酶 全细胞 组织 细胞器	各种酶类、细菌、真菌、动物、植物的细胞、植物的组织切片、线粒体、叶绿体	免疫物质 具有生物亲和能力的物质、核酸、模拟酶	抗体、抗原、酶标抗原等、配体、受体、聚核苷酸 高分子聚合物

换能器的作用是将各种生物的、化学的和物理的信息转变成电信号。生物学反应过程产生的信息是多元化的,微电子学和传感技术为检测这些信息提供了手段。可供生物传感器的基础换能器件如表 3-3 所示。

表 3-3 生物反应信息和换能器的选择

生物学反应信息	换能器选择	生物学反应信息	换能器选择
离子变化	离子选择性电极	光学变化	光纤、光敏管、荧光计
电阻变化、电导变化	阻抗计、电导仪	颜色变化(属于光学范畴)	光纤、光敏管
电压变化	场效应晶体管	质量变化	压电晶体等
气体分压变化	气敏电极	力变化	微悬臂梁
热焓变化	热敏电阻、热电偶	振动频率变化	表面等离子体共振

生物传感器特点有多样性、无试剂分析、操作简便、易于联机、可以重复使用、连续使用。

生物传感器的分类:根据分子识别元件的不同可将生物传感器分为酶传感器(enzyme sensor)、免疫传感器(immuno sensor)、组织传感器(tissue sensor)、细胞传感器(organelle sensor)、核酸传感器(DNA/RNA sensor)、微生物传感器(microbial sensor)、分子印迹生物传感器(molecular imprinted biosensor)。分子印迹分子识别元件属于生物衍生物。根据所用换能器不同,生物传感器分为电化学生物传感器(electrochemical biosensor)或生物电极(bioelectrode)、光生物传感器(optical biosensor)、热生物传感器(calorimetric biosensor 或 thermal biosensor)、半导体生物传感器(semiconduct biosensor)、电导/阻抗生物传感器(conductive/impedance biosensor)、声波生物传感器(acoustic wave biosensor)、微悬臂梁生物传感器(cantilever biosensor),如图 3-6 所示。按照生物敏感物质相互作用类型分为亲和型和代谢型两种。在环境监测中常用的传感器主要有酶传感器、微生物传感器、免疫传感器、DNA 传感器。

生物传感器技术的应用:

(1) 生物传感器技术在环境监测中的应用。生物传感器具有高灵敏度、便携和成本低等优点,对工业排放、农业化肥农药等环境毒物、大气和废气、生化需氧量(BOD)、氨氮浓度等可以快速、便携、高灵敏度等可以检测。

(2) 生物传感器在生命科学研究上的应用。生物传感器可以用在生命科学研究工作中,在医学领域基础研究,有人用纳米光纤生物传感器探测到了细胞传递信号的生物化学成分。在临床医学上,生物传感器可以广泛地应用于对体液中的微量蛋白、小分子有机物(如葡萄糖、抗生素、氨基酸、胆固醇)等多种生化指标检测。血糖传感器和尿酸传感器使糖尿病

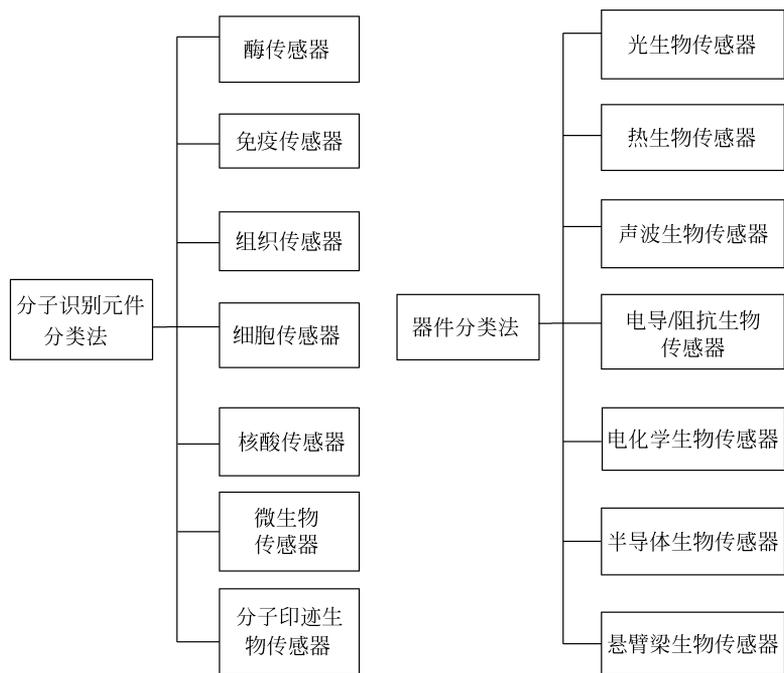


图 3-6 生物传感器分类

和痛风患者能在家中能对病情进行自我监测。生物传感器还可以用在基因诊断。

(3) 生物传感器在食品工程中的应用。生物传感器为食品质量和安全提供实时快速、简单便携和低成本的分析方法。生物传感器可以实现食品中农药残留的检测、食物基本成分的分析,微生物传感器用作发酵工业的测定、食品中生物毒素与有害微生物的检测。

3.1.3 能源技术

在物联网中的,物联网的核心设备一般取电方便,由市电加备用电源即可解决。物联网各种感知终端模块也需要能源才能正常工作,在无源 RFID 中,终端工作的能量来自阅读器发射的电磁波,无源 RFID 卡把接收到的电磁波作为自己工作的电能。除了无源方式工作的终端,所有传感器都需要能源才能工作,能源可以从自然环境中获取,如利用太阳能、风能、热能等,这种方式不太稳定,也可以通过供电为终端模块提供电源,由于终端设备模块取电不方便,尽量采用长寿命、低功耗、超长待机,特别是能在恶劣环境下(如超低温)工作的电池。电池分为原电池(一次电池)和蓄电池(二次电池)。按电池形状进行分类,电池分为扣式电池、方形电池和圆柱形电池。

常见的电池有以下几种。

1. 锂原电池

以锂金属为负极体系的原电池,称为锂原电池。锂原电池在能量密度、自放电率、产品维护、适用温度范围、使用寿命等关键指标上性能均要优于锂离子电池,适合物联网中应用,如井盖、水表、燃气表等场景,锂原电池可以使用数年以上,可以满足需求。工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。

2. 锂离子电池

锂离子电池是可充电电池,依靠锂离子在正极和负极之间移动来工作。锂离子电池广泛应用于手机、笔记本电脑、电动自行车、电动汽车、小型无人机等。优点是电压高,循环寿命长,可快速充放电。工作温度范围: $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 。

3. 锂聚合物电池

锂聚合物电池是一种采用聚合物作为电解质的锂离子电池。优点是安全性能好,尺寸小,质量轻,容量大,内阻小,放电特性好,但成本高。工作温度范围: $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 。

4. 锂亚电池+电容电池

锂亚电池与电容电池并联模式,锂亚电池以微小的电流通过与电容电池的电压差对电容电池充电。对外供电时,电容电池承担绝大部分电流输出,在下一个脉冲到来之前,锂亚电池对电容电池进行补充,往复循环工作。由于锂亚电池在空载时电压是恒定不变的,电容电池在充满电后电压也是稳定的,放电能力不变。由于采用了电容电池,大大提升了锂亚电池的有效放电容量。工作温度范围: $-10^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。

5. 锂离子超级电容电池

锂离子超级电容电池是将锂离子二次电池的电极材料,如石墨、钴酸锂、磷酸铁锂和金属氧化物同高比表面活性炭混合形成复合超级电容器。加入锂离子二次电池的电极材料后复合超级电容器的储能就由高比表面活性炭的表面过程转变为有体相氧化还原反应的参与,这样大幅提升了超级电容器的能量密度,同时还保留了传统超级电容器的高功率和高循环性的特点。锂离子超级电容电池可广泛应用于小型电子设备、电动汽车的车载电源系统等领域。工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。锂离子超级电容电池可实现瞬间大电流放电,长寿命储能器件,全密封结构以及宽温度工作范围,适合在恶劣环境下长期使用。

瑞道的磷酸铁锂电池能做到极端温度 $-55^{\circ}\text{C} \sim +90^{\circ}\text{C}$ 环境正常使用,电池被穿透破坏后、在水中等恶劣环境也能正常工作,电池的这些特性都能比较好地支持物联网终端设备在恶劣的环境下工作,如冬季北方野外环境、水下环境、地质灾害、泥石流、雪崩等环境下的物联网监测。

3.2 通信组网技术

感知技术将数据收集起来,传输层则负责将各类信息进行传递和处理。物联网传输层技术根据距离主要可以分为近距离无线通信技术和远距离无线通信技术。其中,近距离无线通信技术主要包括 RFID、NFC、ZigBee、Bluetooth、WiFi 等,典型应用如智能交通、智能物流等。广域网通信技术一般定义为 LPWAN(低功耗广域网),典型应用如 LoRa、NB-IoT、BTA-OIT(β 自组网)、2G/3G 蜂窝通信技术、LTE、5G 技术等。

3.2.1 Bluetooth

蓝牙技术(Bluetooth)是由东芝、IBM、Intel、爱立信和诺基亚于 1998 年 5 月共同提出的一种近距离无线数字通信的技术标准。Bluetooth 技术是低功率短距离无线连接技术,能穿透墙壁等障碍,通过统一的无线链路,在各种数字设备之间实现安全、灵活、低成本、小功率的话音和数据通信。其目标是实现最高数据传输速度 1Mb/s(有效传输速度为 721kb/s)、

最大传输距离为 10m,采用 2.4GHz 的 ISM(Industrial Scientific and Medical,工业、科学、医学)免费频带不必申请即可使用,在此频段上设立 79 个带宽为 1MHz 的信道,每秒频率切换 1600 次、扩频技术来实现电波的收发。

Bluetooth 技术是一种短距离无线通信的技术规范,具有 Bluetooth 体积小、功率低优势,其被广泛应用到各种数字设备中,特别是那些对数据传输速率要求不高的移动设备和便携设备。Bluetooth 技术的特点如下:

(1) 全球范围适用。Bluetooth 工作在 2.4GHz 的 ISM 频段,全球大多数国家 ISM 频段的范围是 2.4~2.4835GHz,是免费频段,使用该频段无须向政府职能部门申请许可证。

(2) 可同时传输语音和数据。Bluetooth 采用电路交换和分组交换技术,支持一路数据信道、三路语音信道以及异步数据与同步语音同时传输的信道。每个语音信道数据速率为 64kb/s,语音信号编码采用脉冲编码调制 PCM 或连续可变斜率增量调制(CVSD)方法。当采用非对称信道传输数据时,速率最高为 721kb/s,反向为 57.6kb/s;当采用对称信道传输数据时,速率最高为 342.6kb/s。Bluetooth 有两种链路类型:同步定向连接(SCO)链路和异步无连接(ACL)链路。

(3) 可以建立临时对等连接。根据 Bluetooth 设备在网络中的角色,分为主设备和从设备。主设备是组网连接主动发起请求的 Bluetooth 设备,几个 Bluetooth 设备连接成一个皮网(piconet,微微网)时,其中只有一个主设备,其余的都为从设备。皮网是 Bluetooth 最基本的一种网络形式,最简单的皮网是一个主设备和一个从设备组成的点对点通信连接。

(4) 具有很好的抗干扰能力。在 ISM 频段工作的无线电设备有很多,如无线局域网(WLAN)、家用微波炉等产品,为了很好地抵抗来自这些设备的干扰,Bluetooth 采用了跳频方式来扩展频谱。将 2.402~2.48GHz 频段可以分成 79 个频点,相邻频点间隔为 1MHz,Bluetooth 设备在某个频点发送数据之后,再跳到另一个频点发送,而频点的排序是伪随机的,每秒频率可以改变 1600 次,每个频率持续约 625 μ s。

(5) 体积小,便于集成。个人移动设备的小体积决定了嵌入其内部的 Bluetooth 模块体积更小。

(6) 低功耗。Bluetooth 设备在通信连接(Connection)状态下有四种工作模式,分别是呼吸模式(Sniff)、激活模式(Active)、保持模式(Hold)、休眠模式(Park)。激活模式是正常的工作状态,另外三种是为了节能所规定的低功耗模式。

(7) 开放的接口标准。SIG 为了让 Bluetooth 技术的使用推广开来,将 Bluetooth 的技术标准全部公开,全世界范围内任何单位、个人都可以进行 Bluetooth 产品的开发,只要能通过 SIG 的 Bluetooth 产品兼容性测试,就可以推广市场。

(8) 成本低。随着市场需求的不断扩大,各个供应商纷纷推出自己的 Bluetooth 芯片和模块,致使 Bluetooth 产品的价格飞速下降。

Bluetooth 技术规定每一对设备之间必须一个为主设备,另一个为从设备,才能进行通信,通信时,必须由主设备进行查找,发起配对,建链成功后,双方即可收发数据。理论上,一个 Bluetooth 主端设备,可同时与 7 个 Bluetooth 从端设备进行通信。一个具备 Bluetooth 通信功能的设备,可以在两个角色间切换,平时工作在从模式,等待其他主设备来连接,需要时,转换为主模式,向其他设备发起呼叫。一个 Bluetooth 设备以主模式发起呼叫时,需要知道对方的 Bluetooth 地址,配对密码等信息,配对完成后,可直接发起呼叫。

Bluetooth 主端设备发起呼叫,首先是查找,找出周围处于可被查找的 Bluetooth 设备。主端设备找到从端 Bluetooth 设备后,需要从端设备的 PIN 码才能进行配对,也有设备不需要输入 PIN 码。配对完成后,从端 Bluetooth 设备会记录主端设备的信息,此时主端即可向从端设备发起呼叫,已配对过的设备在下次呼叫时,就不必再重新配对。已配对的设备,作为从端的 Bluetooth 耳机也可以发起建链请求。主从两端之间在链路建立成功后即可进行双向的语音或数据通信。在通信状态下,主端和从端设备都可发起断链并断开 Bluetooth 链路。

Bluetooth 数据传输应用中,一对一串口数据通信是最常见的应用之一,在出厂前 Bluetooth 设备就已提前设好两个 Bluetooth 设备之间的配对信息,主端预存了从端设备的 PIN 码、地址等,两端设备加电即自动建链,透明串口传输,无须外围电路干预。一对一应用中从端设备可以设为两种类型,一种是不能被别的 Bluetooth 设备查找的静默状态;二是可被指定主端查找以及可以被别的 Bluetooth 设备查找建链的状态。

Bluetooth 系统按照功能分为四个单元:链路控制单元、无线射频单元、Bluetooth 协议单元和链路管理单元。数据和语音的发送和接收主要由无线射频单元负责,Bluetooth 天线具有体积小、质量轻、距离短、功耗低的特点。链路控制单元(LinkController)进行射频信号与数字或语音信号的相互转化,实现基带协议和其他的底层连接规程。链路管理单元(LinkManager)负责管理 Bluetooth 设备之间的通信,实现链路的建立、验证、链路配置等操作。Bluetooth 协议是为个人区域内的无线通信制定的协议,包括两部分:核心(Core)部分和协议子集(Profile)部分。协议栈采用的分层结构,分别完成的是数据流的过滤、传输、跳频和数据帧传输、连接的建立和释放、链路的控制以及数据的拆装等功能。

3.2.2 ZigBee

物联网技术主要包括无线传感技术和进程通信技术。进程通信技术包括 RFID、Bluetooth、WiFi、ZigBee 等。ZigBee 是无线传感网络的热门技术之一。可以用在建筑物监测、货物跟踪、环境保护等方面。传感器网络要求节点成本低、易于维护、功耗低、能够自动组网、可靠性高。ZigBee 在组网和低功耗方面具有很大优势。

ZigBee 技术是一种短距离、低功耗的无线通信技术,它源于蜜蜂的八字舞,蜜蜂(bee)是通过飞翔和“嗡嗡”(zig)抖动翅膀的“舞蹈”来与同伴传递花粉所在的方位信息,ZigBee 协议的方式特点与其类似,便取名为 ZigBee。

ZigBee 技术采用 AES 加密(高级加密系统),严密程度相当于银行卡加密技术的 12 倍,因此其安全性较高,同时,ZigBee 采用蜂巢结构组网,每个设备能通过多个方向与网关通信,从而保障了网络的稳定性,ZigBee 设备还具有无线信号中继功能,可以接力传输通信信息把无线距离传到 1000m 以外。另外,ZigBee 网络容量理论节点为 65 300 个,能够满足家庭网络覆盖需求,即便是智能小区、智能楼宇等只需要 1 个主机就能实现全面覆盖,ZigBee 也具备双向通信的能力,不仅能发送命令到设备,同时设备也会把执行状态和相关数据反馈回来。ZigBee 采用极低功耗设计,可以全电池供电,理论上一节电池能使用 2 年以上。

ZigBee 采用 DSSS 技术,具有以下特点:

(1) 功耗低。ZigBee Alliance 网站公布,和普通电池相比,ZigBee 产品可使用数月甚至数年之久。这就决定了那些需要一年甚至更长时间才需更换电池的设备对它的需求。

(2) 接入设备多。ZigBee 的解决方案支持每个网络协调器带有 255 个激活节点,多个

网络协调器可以连接大型网络。2.4GHz 频段可容纳 16 个通道,每个网络协调器带有 255 个激活节点(Bluetooth 只有 8 个),ZigBee 技术允许在一个网络中包含 4000 多个节点。

(3) 成本低。ZigBee 只需要 80C51 之类的处理器以及少量的软件即可实现,无须主机平台。从天线到应用实现只需 1 块芯片即可。Bluetooth 需依靠较强大的主处理器(如 ARM7),芯片构架也比较复杂。

(4) 传输速率低。ZigBee 的低功率导致了低传输速率,其原始数据吞吐速率在 2.4GHz(10channels)频段为 250kb/s,在 915MHz(6channels)频段为 40kb/s,在 868MHz(1channel)频段为 20kb/s。传输距离为 10~20m。

(5) 短时延。ZigBee 的响应速度较快,一般从睡眠转入工作状态只需 15ms,节点连接进入网络只需 30ms,进一步节省了电能。

(6) 高容量。ZigBee 可采用星状和网状网络结构,由一个主节点管理若干子节点,一个主节点最多可管理 254 个子节点;同时主节点还可由上一层网络节点管理,最多可组成 65 000 个节点的大网。

(7) 高安全。ZigBee 提供了三级安全模式,包括无安全设定、使用接入控制清单(ACL)防止非法获取数据以及采用高级加密标准(AES128)的对称密码,以灵活确定其安全属性。

(8) 免执照频段。使用工业科学医疗(ISM)频段,即 915MHz(美国)、868MHz(欧洲)、2.4GHz(全球)。由于三个频带除物理层不同外,其各自信道带宽也是不同的,分别为 0.6MHz、2MHz 和 5MHz。分别有 1 个、10 个和 16 个信道。这三个频带的扩频和调制方式也是有区别的。扩频都使用的是直接序列扩频(DSSS),但从比特到码片的变换差别较大。调制方式都用了调相技术,而 868MHz 和 915MHz 频段采用的是 BPSK,2.4GHz 频段采用的是 OQPSK。

3.2.3 NFC

NFC(Near Field Communication)近场通信技术,又称近距离无线通信,是一种短距离的电子设备之间非接触式点对点数据传输(小于 10cm)交换数据高频无线通信技术。NFC 是在非接触式射频识别(RFID)和互联网技术的基础上演变而来,向下兼容 RFID,最早由 Sony 和 Philips 各自开发成功,主要用于手机等手持设备中提供 M2M(Machine to Machine)的通信。NFC 让消费者简单直观地交换信息、访问内容与服务,自 2003 年 NFC 问世以来,就凭借其出色的安全以及使用方便的特性得到众多企业的青睐与支持。

NFC 作为一种逻辑连接器可以在设备上迅速实现无线通信,将具备 NFC 功能的两个设备靠近,NFC 便能够进行无线配置并初始化其他无线协议,如 Bluetooth、IEEE 802.11,从而可以进行近距离通信或数据的传输。NFC 可用于数据交换,传输距离较短、传输创建速度较快、传输速度快、功耗低。NFC 与 Bluetooth 的功能非常相像,都是短程通信技术,经常被集成到移动电话上。NFC 不需要复杂的设置程序,具有简化版 Bluetooth 的功能。NFC 的数据传输速度有 106kb/s、212kb/s、424kb/s 三种,远小于 Bluetooth V2.1(2.1Mb/s)。

3.2.4 IEEE 802.11ah

以 IEEE 802.11 为前缀的是无线局域网络标准,后跟用于区分各自属性的一个或者两个字母。美国电气和电子工程师协会(IEEE)应无缝互连的应用需求提出了 802.11ah 标

准,实现低功耗、长距离无线区域网络连接,需要采用 1GHz 以下频段。有效地改善了 WiFi 信号易受建筑物阻挡而影响传输距离和覆盖范围的弊病。

IEEE 最初制定的一个无线局域网标准就是 802.11,这也是第一个被国际上认可的在无线局域网领域内的协议。主要用于解决校园网和办公室局域网中,用户和用户终端的无线接入,业务主要限于数据存取,速率最高只能达到 2Mb/s。由于 802.11 在速率和传输距离上不能满足人们的需要。因此,IEEE 小组又相继推出了在技术上主要差别在于 MAC 子层和物理层 802.11a、802.11b 等许多新标准。

从 1997 年第一代 802.11 标准发布以来,WiFi 得到了巨大的发展和普及。在今天,WiFi 成为用户上网的首选方式,在 WiFi 系统发展过程中,每一代 802.11 的标准都在大幅度地提升速率。如 802.11ac 速度能达到 1Gb/s,802.11ac 标准运行在 5GHz 频段,与 2.4GHz 的 802.11n 或 802.11g 相比有更快的速度。802.11ah 标准,理想情况下传输距离可以达到 1km 的,实现更大的覆盖范围。802.11ah 采用 900MHz 频段,运行速度大大降低,仅能达到 150kb/s 和 18Mb/s 之间的速度,这适合于短时间数据传输的低功率设备,是物联网无线通信可选技术。

1. IEEE 802.11 信道划分

IEEE 802.11 以载波频率为 2.4GHz 频段和 5GHz 频段来划分,在此之上划分成多个子信道。

1) 2.4GHz 频段

IEEE 802.11 工作组和国家标准 GB 15629.1102 共同规定,2.4GHz 工作频段为 2.4~2.4835GHz,子信道个数为 12 个且宽带为 22MHz。每个国家各有不同,信道为 1~11 号可供美国使用;欧盟国家为 1~13 号;中国为 1~13 号,如图 3-7 所示。

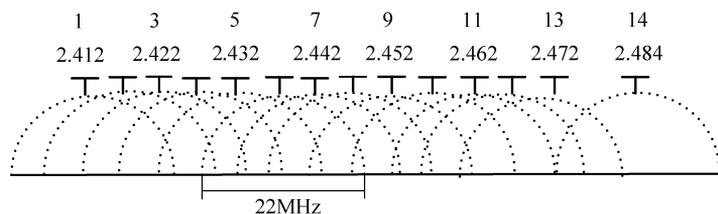


图 3-7 2.4GHz 频段划分

由图 3-7 可知,在 2.4GHz 频段中,大部分频点之间相互重叠,只有三个频点是可同时使用的。

2) 5GHz 频段

IEEE 802.11 工作小组在 5GHz 频段上选择了 555MHz 的带宽,共分为三个频段,频率范围分别是 5.150~5.350GHz、5.470~5.725GHz、5.725~5.850GHz。2002 年中国工业和信息化部规定 5.725~5.850GHz 为中国大陆 5.8GHz 频段,信道带宽 20MHz,可用频率 125MHz,总计 5 个信道,如图 3-8 所示。

2012 年工业与信息化部放开 5.150~5.350GHz 的频段资源,用于无线接入系统。新开放的信道为 8 个 20MHz 的带宽。由于 5GHz 频段的 13 个信道是不叠加的,所以这 13 个信道可以在同一个区域内覆盖,后 8 个信道仅可在室内应用中使用,如图 3-9 所示。

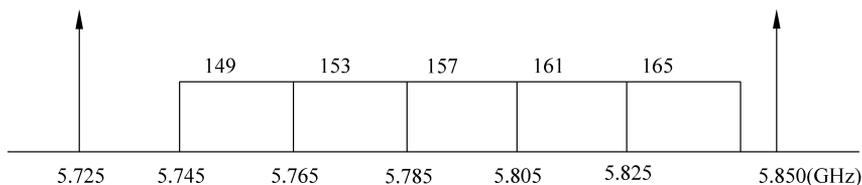


图 3-8 5.8GHz 频段划分

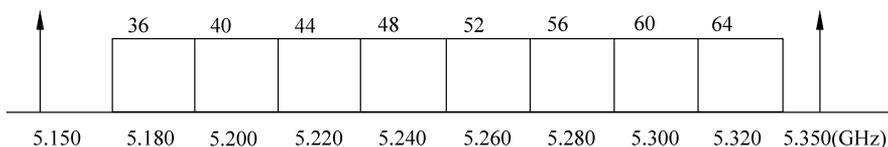


图 3-9 5GHz 频段划分

2. IEEE 802.11ah 频率划分

IEEE 802.11ah 是 1GHz 以下频段的无线局域网标准,支持 1MHz、2MHz、4MHz、8MHz、16MHz 带宽。中国的信道划分从 755MHz 到 787MHz 这一频段,包括 32 个 1MHz、4 个 2MHz、2 个 4MHz、1 个 8MHz 带宽。779~787MHz 频段支持多种带宽,高速率应用占有最高优先级,支持最高 10mW 的发射功率。755~779MHz 频段被分为 24 个 1MHz 带宽的频段,低速率应用占有更高的优先级,支持最高 5mW 的发射功率。

3. 子载波

IEEE 802.11ah 子载波分为 2MHz 以上带宽和 1MHz 带宽系统。对于 2MHz 系统,子载波位置分布是从 IEEE 802.11ac 标准 10 倍降频而来,如 IEEE 802.11ah 中 2MHz、4MHz、8MHz、16MHz 带宽的子载波分布与 IEEE 802.11ac 中 20MHz、40MHz、80MHz、160MHz 带宽下的子载波分布保持一致。而 1MHz 是 IEEE 802.11ah 特有的,采用的是 32 点 IFFT,其中包括 1 个直流分量,5 个保护子载波留空,2 个导频子载波分别位于 ± 7 位置,24 个数据子载波,如图 3-10 所示。

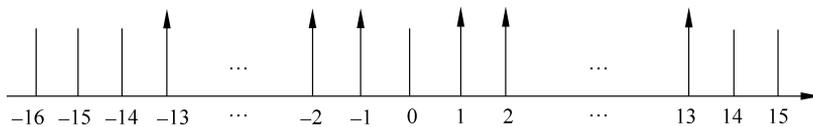


图 3-10 子载波分配

4. 物理帧结构

IEEE 802.11ah 定义的物理层汇聚过程(Physical Layer Convergence Procedure, PLCP)协议数据单元(Protocol Data Unit, PDU)PPDU 的结构分为两种:一种是 2MHz 及其以上带宽的发送帧格式,类似 IEEE 802.11ac;另一种是 IEEE 802.11ah 为了提高覆盖范围而提出的 1MHz 带宽发送帧。

2MHz 带宽的帧格式继承了 IEEE 802.11n 和 IEEE 802.11ac 的物理层帧格式。短训练域(Short Training Field, STF)符号数与 IEEE 802.11n 相同,在每个符号中,STF 占据 12 个非零子载波。长训练域(Long Training Field, LTF)对应了 IEEE 802.11ac 中相同 FFT 长度的甚高速长训练域(VHT-LTF)。信号域 SIG 占据 2 个符号,每个符号采用

Q-BPSK 调制。此模式下 2MHz、4MHz、8MHz、16MHz 带宽下的 STF、LTF、SIG 字段分别对应 IEEE 802.11ac 的 20MHz、40MHz、80MHz、160MHz 带宽下的相应字段。如图 3-11 所示。

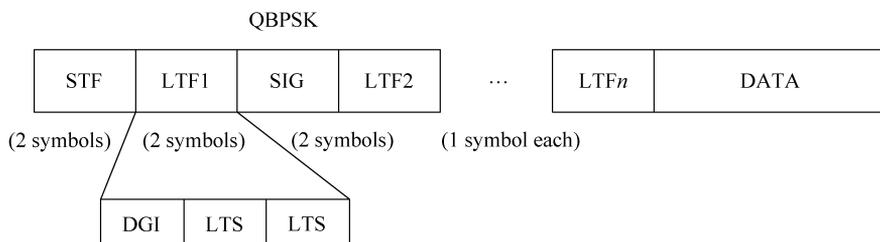


图 3-11 PPDU 结构(2MHz 以及大于 2MHz 模式)

1MHz 带宽下 PPDU 的结构包括 4 个符号的 STF、4 个符号的 LTF、6 个符号的 SIG、 $n-1$ 个 LTF、数据域。SIG 强制使用 MCS10 进行调制编码，LTF1 表示第一个长训练域，用于符号定时、信道估计、细频偏估计，LTF2~LTF n 用于多天线的信道估计。每个符号拥有 32 个子载波，FFT 点数为 32。与双倍保护间隔(Double Guard Interval, DGI)加上两个连续 LTS 相比，图 3-12 所示的 LTF1 的格式在图 3-11 所示的 LTF 的基础上增加了 2 个 LTS。

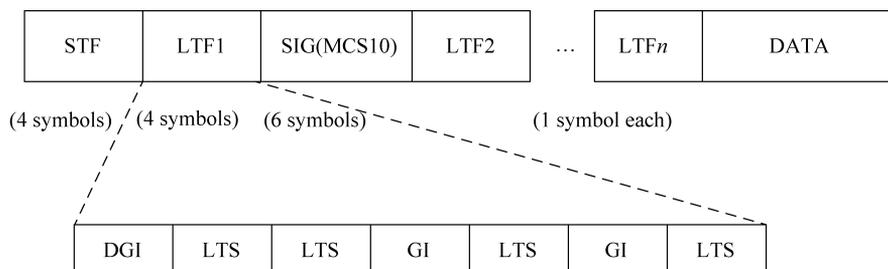


图 3-12 PPDU 结构(1MHz 模式)

802.11 各个版本的性能参数如表 3-4 所示。

表 3-4 各个版本的 802.11 性能参数

协议	发布日期	频带/GHz	最大传输速度
802.11	1997	2.4~2.5	2Mb/s
802.11a	1999	5.15~5.35/5.47~5.725/5.725~5.875	54Mb/s
802.11b	1999	2.4~2.5	11Mb/s
802.11g	2003	2.4~2.5	54Mb/s
802.11n	2009	2.4 或者 5	600Mb/s(40MHz×4MIMO)
802.11ac	2011.2	5	433Mb/s、867Mb/s、1.73Gb/s、3.47Gb/s、6.93Gb/s(8MIMO,160MHz)
802.11ad	2012.12(草案)	60	最高到 7000Mb/s
802.11ah	2016.3(定稿)	Sub-1GHz	7.8Mb/s

5. 802.11ah 的应用场景

802.11ah 共定义了三种应用场景，其中第一种场景预计在物联网中将得到大规模

应用。

应用场景 1: 智能抄表(如图 3-13 所示)。这种场景下,IEEE 802.11ah AP 主要作为末端网络使用,将传感器收集的数据传输到上层网络或应用平台。

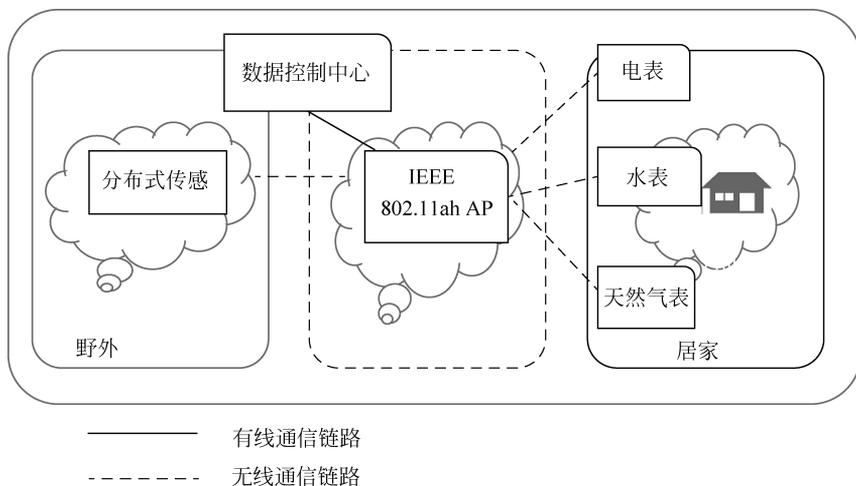


图 3-13 智能抄表应用场景

应用场景 2: 智能抄表回传链路(如图 3-14 所示)。这种场景下,802.11ah 主要作为回传链路使用,下面接 802.15.4g 等底层网络,将从底层网络得到的数据传输到应用平台。

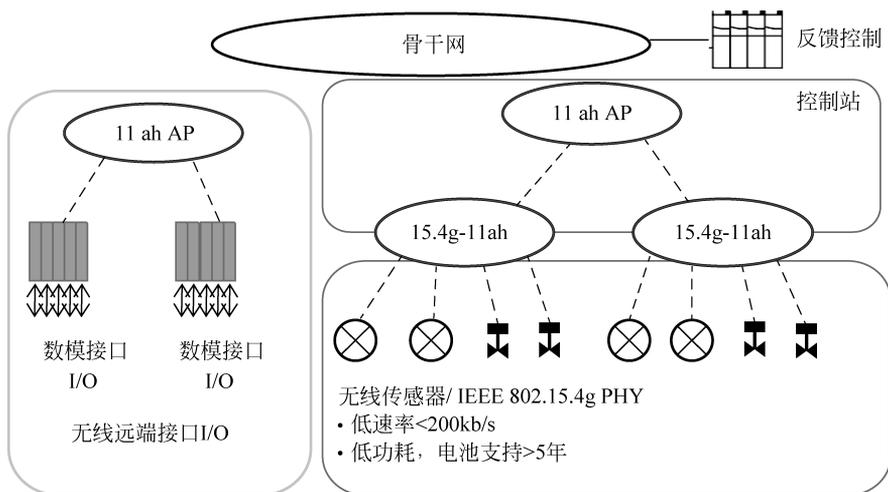


图 3-14 智能抄表回传链路应用场景

应用场景 3: WiFi 覆盖扩展(含蜂窝网分流)(如图 3-15 所示)。这种场景下,802.11ah 主要扩展 WiFi 热点的覆盖,并能为蜂窝网提供业务分流。

3.2.5 LoRa

业界预测到 2020 年物联网无线节点达到 500 亿个,由于耗电和成本等方面的问题,无线节点中只有不到 10% 的使用 GSM 技术。尽管电信运营商具有建设和管理这样一个大规

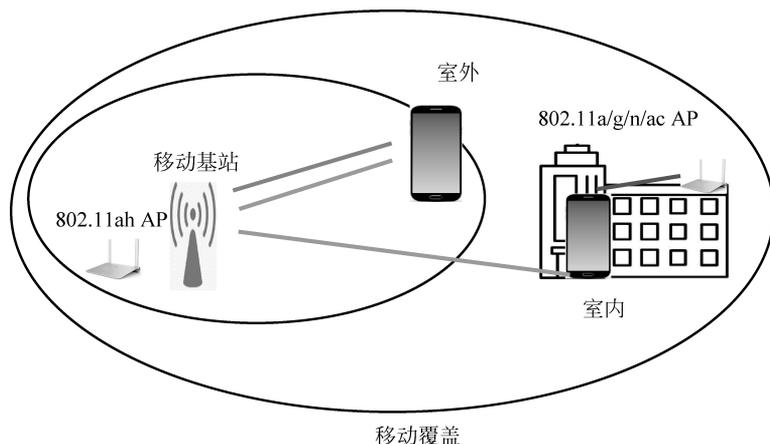


图 3-15 WiFi 覆盖扩展(含蜂窝网分流)应用场景

模网络的最突出的优势,但是需要一个远距离、大容量的系统以巩固在依靠电池供电的无线终端细分市场——无线传感网、智能城市、智能电网、智慧农业、智能家居、安防设备和工业控制等方面的地位。对于物联网来说,只有使用一种广泛的技术,才可能使得电池供电的无线节点数量达到预计的规模。LoRa 作为低功耗广域网(LPWAN)的一种长距离通信技术,近些年受到越来越多的关注。

LoRa 是 LPWAN 通信技术中的一种,是美国 Semtech 公司采用和推广的一种基于扩频技术的超远距离无线传输方案。这一方案改变了以往关于传输距离与功耗的折中考虑方式,为用户提供一种简单的能实现远距离、长电池寿命、节点容量大的系统,进而扩展传感网络。目前,LoRa 主要在全球免费频段运行,包括 433MHz、868MHz、915MHz 等。

LoRa 技术具有远距离、窄带低功耗(电池寿命长)、多节点、低成本的特性,适合各种政府网、专网、专业网、个人网等各种应用灵活部署。

LoRa 网络主要由终端(可内置 LoRa 模块)、网关(基站)、网络服务器以及应用服务器四部分组成,如图 3-16 所示。应用数据可双向传输。

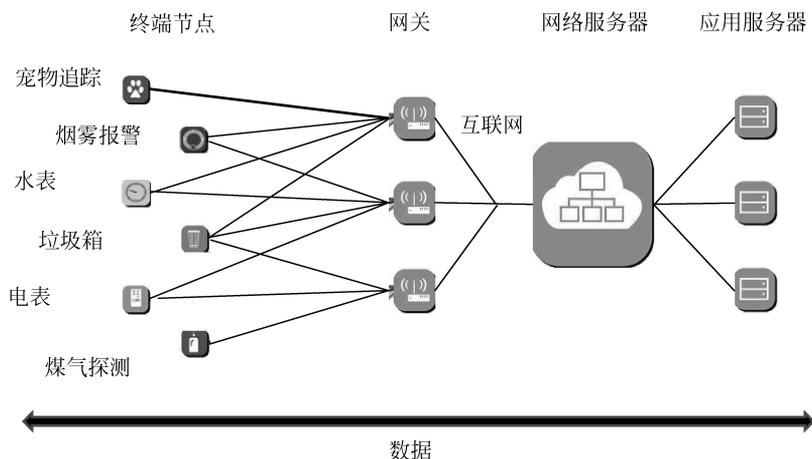


图 3-16 LoRa 网络体系架构

传输速率、工作频段和网络拓扑结构是影响传感网络特性的三个主要参数。传输速率的选择将影响电池寿命；工作频段的选择要折中考虑频段和系统的设计目标；而在FSK系统中，网络拓扑结构的选择将影响传输距离和系统需要的节点数目。LoRa融合了数字扩频、数字信号处理和前向纠错编码技术，性能较好。

前向纠错编码技术是给待传输数据序列中增加了一些冗余信息，这样，数据传输进程中注入的错误码元在接收端就会被及时纠正。这一技术减少了以往创建“自修复”数据包来重发的需求，且在解决由多径衰落引发的突发性误码中表现良好。一旦数据包分组建立起来且注入前向纠错编码以保障可靠性，这些数据包将被送到数字扩频调制器中。这一调制器将分组数据包中每一比特馈入一个“扩展器”中，将每一比特时间划分为众多码片。LoRa抗噪声能力强。

LoRa调制解调器经配置后，可划分的范围为64~4096码片/比特，最高可使用4096码片/比特中的最高扩频因子。相对而言，ZigBee仅能划分的范围为10~12码片/比特。通过使用高扩频因子，LoRa技术可将小容量数据通过大范围的无线电频谱传输出去。扩频因子越高，越多数据可从噪声中提取出来。在一个运转良好的GFSK接收端，8dB的最小信噪比(SNR)若要可靠地解调出信号，采用配置AngelBlocks的方式，LoRa解调一个信号所需信噪比为-20dB，GFSK方式与这一结果差距为28dB，这相当于范围和距离扩大了很多。在户外环境下，6dB的差距就可以实现2倍于原来的传输距离。

物联网采用LoRa技术，才能够以低发射功率获得更广的传输范围和距离，而这种低功耗广域技术方向正是未来降低物联网建设成本，实现万物互联所必需的。

3.2.6 5G

5G即第五代移动通信标准。在移动通信领域，新的技术每十年就会出现一代，传输速率也不断提升。第一代是模拟技术。第二代实现了数字化语音通信，如GSM、CDMA。第三代3G技术以多媒体通信为特征，标准有WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA等。第四代4G技术，标志着无线宽带时代的到来，其通信速率也得到了大大提升。5G是新一代信息通信方向，5G实现了从移动互联网向物联网的拓展。由于5G的到来，未来增强现实、虚拟现实、在线游戏和云桌面等设备上的传输速率将会得到极速提升。从性能角度来说，5G目标是接近零时延、海量的设备连接，为用户提供体验也将会更高。

5G网络将开启新的频带资源，使用毫米波(26.5~300GHz)以提升速率。之前的毫米波仅在卫星和雷达系统上应用；5G网络基站是大量小型基站，功耗比现在大型基站低，从布局上来看，基站的天线规模大增，形成阵列，从而提升了移动网络容量，发送更多的信息；5G采用网络功能虚拟化(NFV)和软件定义网络(SDN)，第一次真正将智慧云和云端处理的有价值的信息传输到智能设备端。届时，手机和计算机的应用水平将借力云端获得更强大的处理能力，而不再局限于设备本身的配置。

2017年5月在杭州举办的国际移动通信标准组织3GPP专业会议上，3GPP正式确认5G核心网采用中国移动牵头并联合26家公司提出的SBA架构(Service-based architecture, 基于服务的网络架构)作为统一的基础架构。这意味着5G借力云端获得了更强大的处理能力，5G网络真正走向了开放化、服务化、软件化方向，将有利于实现5G与垂直行业融合。基于服务的网络架构借鉴IT领域的“微服务”设计理念，将网络功能定义为

多个相对独立可被灵活调用的服务模块。以此为基础,运营商可以按照业务需求进行灵活定制组网。

顶层设计、无线网设计、核心网设计等是 5G 整体系统的设计,其中顶层设计和核心网设计是系统架构的主要进行的标准项目,对 5G 系统架构、功能、接口关系、流程、漫游、与现有网络共存关系等进行标准化。

芯片商、通信设备商以及电信运营商为了抢占 5G 话语权,都开始布局 5G 技术。3GPP 对 5G 定位是高性能、低延迟与高容量,主要体现在毫米波、小基站、Massive MIMO、全双工和波束成形这五大技术上。

1. 毫米波

频谱资源随着无线网络设备的数量的增加,其稀缺的问题日渐突出,目前采用的措施是在狭窄的频谱上共享有限的带宽,对用户的体验不佳。提高无线传输速率方法有增加频谱利用率和增加频谱带宽两种方法。5G 使用毫米波(26.5~300GHz)增加频谱带宽,提升了速率,其中 28GHz 频段其可用频谱带宽为 1GHz,60GHz 频段每个信道的可用信号带宽则为 2GHz。5G 开启了新的频带资源。之前,毫米波仅用在卫星和雷达系统上,毫米波最大的缺点就是穿透力差,为了让毫米波频段下的 5G 通信在高楼林立的环境下传输采用小基站解决这一问题。

2. 小基站

毫米波具有穿透力差、在空气中的衰减大、频率高、波长短、绕射能力差等特点,由于波长短,其天线尺寸小,这是部署小基站的基础。未来 5G 移动通信将采用大量的小型基站来覆盖各个角落。小基站的体积小,功耗低,部署密度高。

3. MIMO 技术

5G 基站拥有大量采用 Massive MIMO 技术的天线。4G 基站有十几根天线,5G 基站可以支持上百根天线,这些天线通过 Massive MIMO 技术形成大规模天线阵列,基站可以同时发送和接收更多用户的信号,从而将移动网络的容量提升数十倍。MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)即多输入多输出,这种技术已经在一些 4G 基站上得到了应用。传统系统使用时域或频域为不同用户之间实现资源共享,Massive MIMO 导入了空间域(spatial domain)的途径,开启了无线通信的新方向,在基地台采用大量的天线并进行同步处理,同时在频谱效益与能源效率方面取得几十倍的增益。

4. 波束成形

基于 Massive MIMO 的天线阵列集成了大量天线,通过给这些天线发送不同相位的信号,这些天线发射的电磁波在空间互相干涉叠加,形成一个空间上较窄的波束,这样有限的能量都集中在特定方向上进行传输,不仅传输距离更远,而且还避免信号的相互干扰,这种将无线信号(电磁波)按特定方向传播的技术叫作波束成形(beamforming)或波束赋形。波束成形技术不仅可以提升频谱利用率,而且通过多个天线可以发送更多的信息;还可以通过信号处理算法来计算出信号的传输的最佳路径,确定移动终端的位置。

5. 全双工技术

全双工技术是指设备使用相同的时间、相同的频率资源同时发射和接收信号,即通信上、下行可以在相同时间使用相同的频率,在同一信道上同时接收和发送信号,对频谱效率是很大的提升。

从1G到2G,移动通信技术实现了从模拟到数字的转变,在语音业务基础上,增加了支持低速数据业务。从2G到3G,数据传输能力得到显著提升,峰值速率最高可达数十Mb/s,完全可以支持视频电话等移动多媒体业务。4G比3G又提升了一个数量级的传输能力,峰值速率可达100Mb/s~1Gb/s。5G采用全新的网络架构,提供峰值10Gb/s以上的带宽,用户体验速率可稳定在1~2Gb/s。5G还具备低延迟和超高密度连接两个优势。低延时,意味着不仅上行、下行传输速率会更快,等待数据传输开始的响应时间也会大幅缩短。超高密度连接,解决人员密集、流量需求大区域的用户需求,让用户在这种环境下也能享受到高速网络。5G支持虚拟现实等业务体验,连接数密度可达100万个/km²,有效支持海量物联网设备接入;流量密度可达10(Mb/s)/m²,支持未来千倍以上移动业务流量增长。

移动通信不但要满足日常的语音与短信业务,而且要提供强大的数据接入服务。5G技术的发展可以给客户带来高速度、高兼容性。5G支持的典型高速率、低时延业务有以下两种:

(1) 虚拟现实(VR)增强现实(AR)。消费者在体验VR业务时会感到眩晕,眩晕在一定程度上是因为时延导致的,5G时延极短,所以会减轻由时延带来的眩晕感,可以解决VR业务眩晕感。

(2) 无人驾驶。5G的低延时对无人驾驶非常重要。5G具有更低的时延决定了驾驶系统能在更短的时间内对突发情况做出快速反应。例如,车速达到120km/h时,前后车的动作只有15ms的时差,需要在这15ms内做出足够快的响应(传感器监测环境传输数据,控制器接收数据进行计算,执行器开始执行),5G的时延是1ms,几乎接近实时反应。

3.2.7 NB-IoT

NB-IoT(Narrow Band Internet of Things)是IoT领域基于蜂窝的窄带物联网的技术,支持低功耗设备在广域网的蜂窝数据连接,是一种低功耗广域网(LPWAN)。NB-IoT只需要180kHz的频段,可直接部署于GSM网络、UMTS网络或LTE网络中。特点是覆盖广、速率低、成本低、连接数量多、功耗低等。由于NB-IoT使用的授权License频段,因此可以采取带内、保护带或独立载波这三种部署方式。

1. NB-IoT 技术特点

1) 多链接

在同一基站的情况下,NB-IoT能提供50~100倍的2G/3G/4G的接入数。一个扇区能够支持10万个连接,支持延时不敏感业务、设备成本低、设备功耗低等优势。如目前运营商给家庭中每个路由器仅开放8~16个接入口,一个家庭中通常有多笔记本、手机、联网电器等,未来实现全屋智能、安装有上百种传感器的智能设备都联网就需要新的技术方案,NB-IoT多连接可以轻松解决未来智慧家庭中大量设备联网需求。

2) 广覆盖

NB-IoT比LTE提升20dB增益的室内覆盖能力,相当于提升了100倍覆盖区域能力。如可以满足农村的广覆盖、地下车库、厂区、井盖等深度覆盖需求。如井盖监测,GPRS的方式需要伸出一根天线,来往车辆极易损坏,采用NB-IoT可以轻松解决这个问题。

3) 低功耗

物联网得以广泛应用的一项重要指标是低功耗,尤其是一些如安置于高山荒野偏远地

区等场合中的各类传感监测设备,经常更换电池或充电是不现实的,不更换电池的情况下工作几年是最基本的需求。NB-IoT 聚焦小数据量、小速率的应用,因此 NB-IoT 设备功耗小,设备续航时间可达到几年。

4) 低成本

NB-IoT 利用运营商已有的网络无须重新建网,射频和天线基本上都是复用,如运营商现有频带中空出一部分 2G 频段,就可以直接进行 LTE 和 NB-IoT 的同时部署。

NB-IoT 模组目前看仍然有点昂贵,另外物联网的很多场景无须更换 NB-IoT,仅需近场通信或者通过有线方式便可完成。

NB-IoT 上行采用 SC-FDMA,下行采用 OFDMA,支持半双工,具有单独的同步信号。其设备消耗的能量与数据量或速率有关,单位时间内发出数据包的大小决定了功耗的大小。NB-IoT 可以让设备时时在线,通过减少不必要的信令达到省电目的。

2. NB-IoT 的网络结构

1) 核心网

蜂窝物联网(CIoT)在 EPS(Evolved Packet System)演进分组系统定义了两种优化方案:CIoT EPS 用户面功能优化(User Plane CIoT EPS optimisation); CIoT EPS 控制面功能优化(Control Plane CIoT EPS optimisation),旨在将物联网数据发送给应用,如图 3-17 所示。

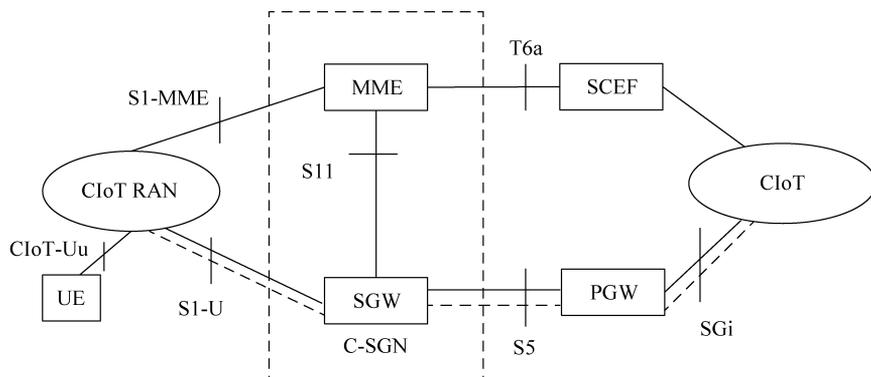


图 3-17 NB-IoT 核心网结构

图 3-17 中,CIoT EPS 控制面功能优化方案用实线表示,CIoT EPS 用户面功能优化方案用虚线表示。对于 CIoT EPS 控制面功能优化,上行数据从 eNB(CIoT RAN)传送到 MME,可以通过 SGW 传送到 PGW 再传送到应用服务器,或者通过 SCEF(Service Capability Exposure Function)连接到应用服务器(CIoT Services),后者仅支持非 IP 数据传送。下行数据传送路径也有对应的两条。此方案数据包直接用信令去发送,不需建立数据链接,因此适合非频发的小数据包传送。SCEF 是用于在控制面上传送非 IP 数据包,专为 NB-IoT 设计引入的,同时也为鉴权等网络服务提供了一个抽象的接口。对于 CIoT EPS 用户面功能优化,物联网数据传送方式和传统数据流量一样,在无线承载链路上发送数据,由 SGW 传送到 PGW 再到应用服务器。这种方案在建立连接时会产生额外的开销,但数据包序列传送更快,也支持 IP 数据和非 IP 数据传送。

2) 接入网

如图 3-18 所示,NB-IoT 的接入网构架与 LTE 一样。

eNB 通过 S1 接口连接到 MME/S-GW,接口上传送的是 NB-IoT 数据和消息。NB-IoT 没有定义切换,但在两个 eNB 之间依然有 X2 接口,X2 接口使能 UE 在进入空闲状态后,快速启动 resume 流程,接入到其他 eNB。

3. 工作频段

全球大多数运营商部署 NB-IoT 使用的是 900MHz 频段,也有些运营商用的是在 800MHz 频段内。如表 3-5 所示,中国联通的 NB-IoT 部署在 900MHz、1800MHz 频段。中国移动为建设 NB-IoT 物联网,将会获得 FDD 牌照,并允许重耕现有的 900MHz、1800MHz 这两个频段。中国电信的 NB-IoT 部署在 800MHz 频段,频宽只有 15MHz。

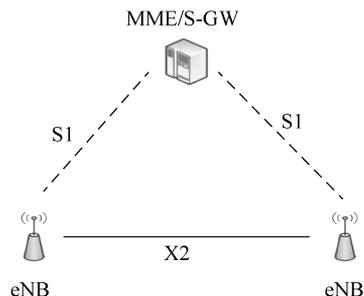


图 3-18 NB-IoT 接入网构架

表 3-5 NB-IoT 部署频段

运营 商	上行频率/MHz	下行频率/MHz	频宽/MHz
中国联通	900~915	945~960	6
	1745~1765	1840~1860	20
中国移动	890~900	934~944	10
	1725~1735	1820~1830	10
中国电信	825~840	870~885	15
中广移动	700	—	—

4. 部署方式

NB-IoT 占用 180kHz 带宽,与在 LTE 帧结构中一个资源块的带宽相同。如图 3-19 所示,有三种部署方式。

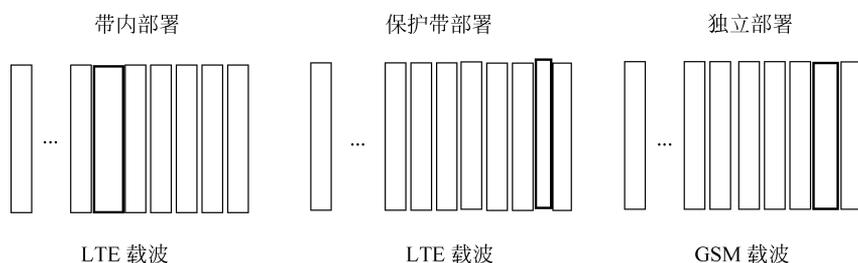


图 3-19 NB-IoT 部署方式

1) 独立部署(Standalone operation)

适用于重耕 GSM 频段,GSM 的信道带宽为 200kHz,正好为 NB-IoT 开辟出两边还有 10kHz 的保护间隔 180kHz 带宽的空间。

2) 保护带部署(Guardband operation)

利用 LTE 边缘保护频带中未使用的 180kHz 带宽的资源块。

3) 带内部署(In-band operation)

利用 LTE 载波中间的任何资源块。

NB-IoT 适合运营商部署,为物联网时代带来大数量连接、低功耗、广覆盖的网络解决

方案。在 2016 年中国联通在 7 个城市(北京、上海、福州、长沙、广州、深圳、银川)启动基于 900MHz、1800MHz 的 NB-IoT 外场规模组网试验,以及 6 个以上业务应用示范。2018 年开始全面推进国家范围内的 NB-IoT 商用部署。中国移动于 2017 年开启 NB-IoT 商用化进程。中国电信于 2017 年部署 NB-IoT 网络。

在物联网网络传输层的安全防护机制方面也有一系列的解决方案和措施。

首先针对非法截收以及非法访问的攻击,可以采取数据加密的方式解决。在物联网中一般采用信息变换规则将明文信息转换成密文信息的方式进行数据加密,即使攻击者非法获得数据信息,不了解信息变换规则,这些数据也会变得毫无意义,达不到攻击目的。

针对假冒用户身份的攻击可以通过鉴别的方法解决,通过某种方式使使用者证实自己确是用户自身,来避免冒充和非法访问的安全隐患。鉴别的方法有很多,常的是消息鉴别,消息鉴别主要是验证消息的来源是否真实,可以有效防止非法冒充;另外,消息鉴别也检验数据的完整性,有效地抵制消息被修改、插入、删除等攻击行为。数字签名也是一种鉴别方法,采用数据交换协议,达到解决伪造、冒充、篡改等问题的目的。

防火墙是最常见的应用型安全技术,它通过监测网络之间的信息交互和访问行为来判断网络是否受到攻击,一旦发现疑似攻击行为,防火墙就会禁止其访问行为,并向用户发送警告。防火墙通过监测进出网络的数据,对网络进行了有效、安全的管理。

非法访问是一种非常常见的攻击类型,访问控制机制是一种确保各种数据不被非法访问的安全防护措施,常用的访问机制是基于角色的访问控制机制,这种访问机制一旦被使用,可访问的资源十分有限。基于属性的访问控制机制是由主体、资源、环境等属性共同协商生成的访问决策,访问者发送的访问请求需要访问决策来决定是否同意访问,是基于属性的访问机制。这种访问机制对较少的属性来说,加密解密效率极高,但密文长度随着属性的增多而加长,其加密解密的效率也降低。

3.3 应用服务技术

3.3.1 云计算

云计算是一种基于互联网的计算方式,利用这种方式,远程用户计算机等设备终端可以共享基于互联网的软硬件资源和信息。继大型计算机到客户端—服务器的大转变之后,云计算是又一次巨变,同时也是互联网信息时代基础设施与应用服务模式的重要形态,也是新一代信息技术集约化使用的趋势。

狭义的云是指通过互联网以按需的方式获得所需要的资源,是 IT 基础设施的扩展使用模式。提供资源的网络称为云,从互联网用户角度看云中的资源是可以无限扩展的,并且可以随时获取,按需使用,按使用缴费。

广义的云是指厂商通过建立网络服务器集群,向各种不同类型客户提供在线软件服务、计算分析硬件租赁、数据存储等不同类型的服务。

目前,人们对信息资源的使用正由计算机主机向云计算过渡。有了云计算,云端可以提供计算功能,所有的操作都可以利用网络完成,用户终端不再需要自己有强大的计算功能。

云计算具有以下重要特征:资源、平台和应用服务,使用户摆脱对具体设备特别是计算、存储的依赖,专注于创造和体验业务价值;资源聚集与集中管理,实现规模效应与可控

质量保障；按需扩展与弹性租赁，降低了信息化成本。

1. 云计算的三种服务层次

按技术特点和应用形式来分，云计算技术可以分为三个层次，如图 3-20 所示。

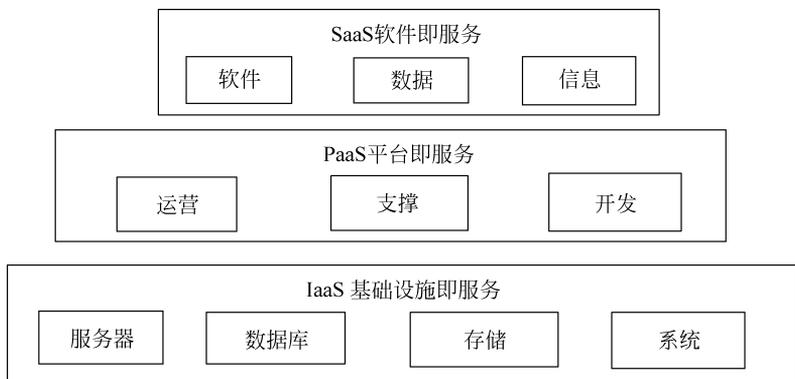


图 3-20 云计算服务模型

1) 基础设施即服务(IaaS)

基础设施即服务(Infrastructure as a Service)是指以服务的形式来提供计算资源、存储、网络等基础 IT 架构。通常用户根据自身的需求来购买所需的 IT 资源,并通过 Web Service、Web 界面等方式对 IT 资源进行配置、监控以及管理。IaaS 除了提供 IT 资源外,还在云架构内部实现了负载均衡、错误监控与恢复、灾难备份等保障性功能。

IaaS 通常分为三种用法:公有云、私有云和混合云。Amazon EC2 弹性云在基础设施云中使用的是公共服务器池(公有云);比较私有化的服务会使用企业内部数据中心的一组私有服务器池(私有云);若开发软件是在企业数据中心的环境中,则公有云、私有云、混合云这几种类型的云都能使用。

IaaS 允许用户动态申请或释放节点,按使用量来计费。用户可认为能够申请的资源是足够多,因为运行 IaaS 的服务器规模超过几十万台。亚马逊公司是最大的 IaaS 供应商,EC2 允许订购者运行云应用程序。IBM、VMware 和 HP 也是 IaaS 的供应商。

2) 平台即服务(PaaS)

将开发环境作为一种服务来提供,是一种分布式的平台服务,厂商将开发环境、服务器平台、硬件资源等作为服务提供给用户,用户在这种平台基础上定制开发自己的应用程序并可以通过这里的服务器和网络传递给其他客户。

如 PaaS 产品 Google App Engine 是由 Python 应用服务群、BigTable 数据库及 GFS 组成的平台,一体化主机服务及可自动升级的在线应用为客户提供服务。在 Google 的基础架构上运行用户编写的应用程序就可以为互联网用户提供服务,Google 提供应用运行及维护所需的平台资源。

3) 软件及服务(SaaS)

软件即服务,通过互联网提供软件资源的云服务,用户向提供商租用基于 Web 的软件,来管理企业经营活动,从而无须购买软件。SaaS 解决方案具有前期成本低、便于维护、可快速展开使用等明显的优势。云计算里的 SaaS 就是通过标准的网络浏览器提供应用软件,在这里通用的办公室桌面办公软件及其相关的数据并非在个人计算机里面,而是储存在云端

的主机里,使用网络浏览器通过网络来获得这些软件和数据。

Salesforce.com、Google Docs、Google Apps 等提供 SaaS 服务。

2. 云计算的技术层次

云计算的服务层次主要考虑给客户带来什么。云计算的技术层次主要从系统属性和设计思想角度来说明云,是对软硬件资源在云计算技术中所充当角色的说明,从云计算技术角度来分,云计算由四部分构成:虚拟化资源、服务管理中间件、物理资源和服务接口,如图 3-21 所示。

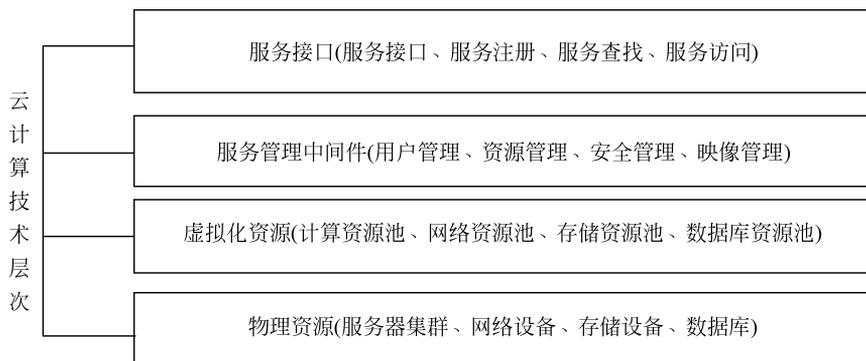


图 3-21 云计算层次

(1) 服务接口:统一规范了云计算时代使用计算机的各种标准、各种规则等,是用户端与云端相互交互操作的接口,可以完成用户或服务的注册。

(2) 服务管理中间件:中间件位于服务和服务器集群之间,是提供管理和服务的管理系统。对标识、认证、授权、目录、安全性等服务进行标准化和操作,为应用系统提供统一的标准程序接口和协议,隐藏底层硬件、操作系统和网络的异构性,统一管理网络资源。其用户管理包括用户许可、用户身份验证、用户定制管理等;资源管理包括负载均衡、资源监控、故障检测等;安全管理包括身份验证、访问授权、安全审计、综合防护等;映像管理包括映像创建、部署、管理等。

(3) 虚拟化资源:指一些可以实现某种操作且具有一定功能,但其本身是虚拟而不是真实的资源,如计算池、存储池和网络池、数据资料库等,通过软件来实现的相关虚拟化功能包括虚拟环境、虚拟系统以及虚拟平台等。

(4) 物理资源:主要指可以支持计算机正常运行的一些硬件设备及技术,这些设备可以是客户机、服务器及各种磁盘存储阵列等设备,可以通过现有的网络技术和并行技术、分布式技术等将分散的计算机组成一个集群,成为具有超强功能的用于计算和存储的集群。传统的计算机需要足够大的硬盘、CPU、大容量的内存等,而在云计算时代,本地计算机可以不再需要这些强大的功能,只要一些必要的硬件设备及基本的输入/输出设备即可。

3. 云计算的优点及存在的问题

云计算的优点:

(1) 降低成本。由于用户统计复用云端资源,云端资源不会闲置,从而大幅提升云端资源利用率,综合效果有:降低了 IT 基础设施的建设维护成本,应用建构、运营基于云端的 IT 资源;通过订购在线的 SaaS 软件服务降低软件购买成本;通过虚拟化技术可以提高现

有 IT 基础设施的利用率；通过动态电源管理等手段，可节省数据中心的能耗。

(2) 配置灵活。由于其技术设计的特点，云可以提供灵活资源。用户能够动态地和柔性地分配资源给应用，而不需要额外的硬件和软件，当需求扩大时，用户能够缩减过渡时间，快速扩张；当需求在缩小时，能够避免设备的闲置。用户可以在需要时快速使用云服务，云将更多的服务器分配给需要的工作；在不需要时云可以萎缩或者消失。正是由于这种特点，使得云非常适合间歇性、季节性或者暂时性的工作。主要的应用包括软件开发和测试项目。

(3) 速度更快。在速度方面，云计算有潜力让程序员使用免费或者价格低廉的开发制作软件服务，并让其快速面世。这种功能能让企业更加敏捷、反应速度更快，同时能够修改企业级的标准应用和流程。对于那些需要大量 IT 设备的应用，云可以显著地降低采购、交付和安装服务的时间。

(4) 潜在的高可靠性、高安全性。信息由专业的团队来管理，数据由先进的数据中心来保存。同时，严格的权限管理策略可以帮助用户放心地与所制定的目标进行数据共享。通过集中式的管理和先进的可靠性保障技术，云计算的可靠性和安全性系数是非常高的。

云计算存在的问题：

(1) 企业将应用从传统开发、部署、维护模式转换到基于云计算平台的模式时，存在成本的转移，转移成本的大小由应用的复杂度、强度、关联度以及团队工作模式的契合度等决定。

(2) 人们将数据存储到第三方空间，首先关心的是隐私和数据安全问题，在第三方空间里，人们不知道他们的数据到底存储在哪里，都有谁可以共享他们的数据。甚至一些云计算供应商为了节省成本将他们的服务器下放到不同的国家，这样又会出现新的问题，这样就不可避免地会出现数据保护不周的问题。

4. 物联网与云计算

物联网规模发展到一定程度之后，必然要与云计算相互结合起来，物联网与云计算的结合可以分为如下几个层面：

(1) 利用 IT 虚拟化技术，为物联网提供后端支撑平台，以提高物理世界的运行、管理、资源的使用效率等。采用服务器虚拟化、网络虚拟化和存储虚拟化，使服务器与网络之间、网络与存储之间也能够达到资源共享的虚拟化，实现计算能力的有效利用，为各类物联网的应用提供支撑。

(2) 基于各类计算资源，建设绿色云计算服务中心，采用软件即服务(SaaS)、平台即服务(PaaS)、基础设施即服务(IaaS)等模式为物联网服务。

(3) 物联网、互联网的各种业务与应用逐步融合在云计算中并集成，实现物联网与互联网中的设备、信息、应用和人的广义交互与整合。

云计算将用户和计算、数据中心进行解耦，软件就是服务的商业模式，如 Google、Facebook 等。美国技术和市场调研公司 Forrester Research 发布的商业和技术展望中提出，云计算将比你想象的更快更飞速地到来，并且将被很少的公司控制。

3.3.2 大数据

1. 大数据的概念

大数据(big data/mega data)是指超大的，几乎不能用现有的数据库管理技术和工具处理的数据集。国际数据公司(International Data Corporation, IDC)在 2012 年 Intel 大数据

论坛提出了大数据定义。大数据有如下特征。

(1) Volume: 数据量巨大。从 TB 级别跃升到 PB 级别。(1PB=1024TB)

(2) Variety: 数据种类繁多,来源广泛且格式日渐丰富,涵盖了结构化、半结构化和非结构化数据。

(3) Value: 数据价值密度低。举个例子来说,在视频监控中,此过程连续不间断,但是有用的数据可能仅仅只有一两秒。

(4) Velocity: 处理速度快。不论数据量有多大,都能做到数据的实时处理。与传统的数据挖掘技术相比,在这一点有着本质的不同。

2. 物联网中的大数据特点

与互联网不同,物联网是在互联网的基础上而发展形成的新兴技术,因此对大数据技术也有更高的要求,主要体现在以下几方面。

1) 数据量更加丰富

在物联网这个大的背景下,大数据技术应当不断扩大并丰富它的数据类型和数据量。数据海量性是物联网最主要的特点,基于互联网的数据技术所能达到的水平已经远远不能承载物联网带来的大规模增长的数量。为了从根本上满足物联网的基本需求,就必须提升大数据相关技术。

2) 数据传输速度更快

一方面,物联网的海量数据要求骨干网传输带宽更大;另一方面,由于物联网与真实物理世界直接关联,很多情况下需要实时访问、控制设备、高数据传输速率才能有效地支持相应的实时性。

3) 数据更加多元化

物联网中的数据更加多元化:物联网涉及的应用范围广泛,涉及生活中的方方面面,从智慧物流、智慧城市、智慧交通、商品溯源,到智慧医疗、智能家居、安防监控等都是物联网应用领域;不同领域、不同行业有不同格式的数据。

4) 数据更加真实

物联网是真实物理世界与虚拟信息世界的结合,物联网对数据的处理以及基于此进行的决策将直接影响到物理世界,物联网中数据的真实性显得尤为重要。

3. 大数据与物联网

1) 从物联网看大数据

物联网由感知层、网络层和应用层这三层构成。感知层包括 RFID 等无线通信技术、各类传感器、GPS、智能终端、传感网络等,用于识别物体和采集信息。网络层包括各种通信网络(互联网、电信网等)、信息及处理中心等,网络层主要负责对感知层获取的信息进行传递和处理。应用层主要是基于物联网提供的信息为用户提供相关的应用数据、解决方案。从物联网来看大数据:

(1) 联网的实物大为扩展。由于联网的实物比互联网大为增加,各种实物需要各种各样的传感器,同时这些传感器不停地感知周围的环境数据,使得数据量大大增加。而这些海量数据需要存储、大数据分析以提取重要的信息。

(2) 网络层。物联网传输网络通过有线、无线通信链路,将传感器终端检测到的数据上传至管理平台,并接收管理平台的数据到各节点。由于数据规模量大、种类多,实时性要求

不同,就需要有相应的大数据传输技术为应用层提供足够高的可靠承载能力。

2) 物联网中的大数据处理技术

通过数据可视化、数据挖掘、数据分析以及数据管理等手段来推动物联网产业在数据智能处理及信息决策上的商业应用,利用大数据分析可以有效增加公司管理、运营效益。大数据处理技术在物联网中的应用有:

(1) 海量数据存储。对物联网产生的大数据进行存储,通常采用分布式集群来实现。传统的数据存储关系数据库就可以满足应用需求,但对物联网产生的海量异构数据,关系数据库则很难做到高效的处理。Google 等提出利用廉价服务群实现并行处理的非关系分布式存储数据库解决方案。

(2) 数据分析。数据分析就是用适当的统计分析方法对收集来的海量数据进行分析,提取有用的信息并且形成结论。数据分析可帮助人们做出判断从而使人们采取适当的行动。

3.3.3 人工智能

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是计算机科学的一个分支,它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统。它旨在了解智能的实质,并生产出一种能够像人类智能那样以相似的方式做出反应的智能化机器,该领域包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。人工智能是对人思维过程的模拟,对规律的应用也只限于人类的认知范围,但是,人工智能不是人的智能,却能够像人那样思考甚至在速度、广度方面超过人的智能。

1. 人工智能技术

人工智能技术可以包括机器学习、计算机视觉、自然语言处理、智能机器人、虚拟个人助理、实时语音翻译、情境感知计算、手势控制、视觉内容自动识别、推荐引擎等。

1) 深度学习

深度学习(Deep Learning)[也称为深度结构学习(Deep Structured Learning)、层次学习(Hierarchical Learning)或者深度机器学习(Deep Machine Learning)]是一类算法集合,是机器学习的一个分支。它尝试为数据的高层次摘要进行建模。AlphaGo 就是深度学习的一个典型案例,AlphaGo 通过不断的学习、更新算法,在 2016 年人机大战中打败围棋大师李世石。人们惊觉地发现:人工智能的力量已经不容忽视。

深度学习算法使机器人拥有自主学习能力,如 AlphaGo Zero,在不需任何人类指导下,通过全新的强化学习方式使自己成为自己的老师,在围棋领域达到超人类的精通程度。如今,深度学习被广泛地应用于语音、图像、自然语言处理等领域,开始纵深发展,并由此带动了一系列新的产业。

2) 计算机视觉

计算机从图像中识别出物体、场景和活动的的能力称为计算机视觉。计算机视觉包括医疗成像分析、人脸识别等场景。其中,医疗成像分析被用来提高疾病的预测、诊断和治疗能力;人脸识别用来自动识别照片里的人物,如网上支付、人员验证判断服务等。

计算机视觉的基本技术原理:运用图像处理操作以及和其他的技术组合成的序列,将图像分析任务分解为便于管理的小块任务,这就是计算机视觉的基本技术原理。这样可以

从图像中检测到物体的边缘及纹理,确定识别到的特征是否能够代表系统已知的一类物体。

3) 语音识别

语音识别技术就是将语音转化为文字,并对其进行识别辨认和处理的这样一种技术。语音识别目前主要应用于医疗听写、语音书写、计算机系统声控、移动应用、电话客服等方面。

语音识别技术原理:

- (1) 对声音进行处理,使用移动窗函数对声音进行分帧。
- (2) 声音分帧后,变为很多波形,波形经过声学体征提取,变为状态。
- (3) 经过特征提取,声音会变成矩阵。再通过音素组合成单词。

4) 虚拟个人助理

虚拟个人助理如 Siri 技术原理:

(1) 用户对着 Siri 说话后,语音会经过编码、转换形成一个包含用户语音的相关信息的压缩数字文件。

(2) 语音信号由用户手机被转入移动运营商的基站中,再通过通信网发送至用户的拥有云计算服务器互联网服务供应商(ISP)。

(3) 通过服务器中的内置模块识别用户刚才说过的内容。

5) 自然语言处理

同计算机视觉技术一样,自然语言处理(NLP)也是采用了多种技术的融合。语言处理技术基本流程:

- (1) 汉字编码词法分析。
- (2) 句法分析。
- (3) 语义分析。
- (4) 文本生成。
- (5) 语音识别。
- (6) 智能机器人

智能机器人在生活中逐步普及,如扫地机器人、陪伴机器人等,用的核心技术是人工智能技术。

智能机器人技术原理:人工智能技术把机器视觉、自动规划等认知技术、各种传感器整合到机器人身上,使得机器人拥有判断、决策的能力,能在各种不同的环境中处理不同的任务。智能穿戴设备、智能家电、智能出行或者无人机设备都是类似的原理。

7) 引擎推荐

如大家在上网时发现网站会根据之前浏览过的页面、搜索过的关键字推送一些相关的网站内容,就是一种引擎推荐。

Google 做免费搜索引擎的目的就是搜集大量的自然搜索数据,丰富其大数据数据库,为人工智能数据库做准备,所以他们宣称他们不是做搜索引擎的。

引擎推荐技术原理:推荐引擎是基于用户的行为、属性(用户浏览网站产生的数据),通过算法分析和处理,主动发现用户当前或潜在需求,并主动推送信息给用户。

目前人工智能技术在医疗、教育、金融、衣食住行等涉及人类生活的各个领域都有发展。

2. 人工智能的影响

(1) 人工智能对自然科学的影响。AI 可以帮助我们使用计算机工具解决问题,使得科研效率大为提升。

(2) 人工智能对经济的影响。专家系统深入各行各业,带来巨大的收益。AI 对计算机方面和网络方面的发展也具有促进作用。但同时,也使得大批人们失业,带来了劳务就业问题。因为 AI 在科技和工程中的应用,可以代替人类进行各种技术工作的体力和脑力劳动,从而从某种程度上造成社会结构发生剧烈变化。AI 虽然带来大批失业,但也会产生新的 AI 配套职业机会,也会让人从机械重复工作中解放出来,做更重要层次更高的工作,带来新的产业机会。让人从机械重复工作中解放出来,意味着 AI 做不到的工作必须由人做的工作人工待遇会大幅提升,整个社会会向更高层次发展。

(3) 人工智能对社会的影响。AI 为我们的生活带来了便利,对各行各业的发展都会起到很大的促进作用。

伴随着人工智能和智能机器人不断发展,我们用未来的眼光开展科研的同时,其涉及的伦理底线问题也是需要考虑的。

3. 人工智能应用

目前,AI 已经渗透到了各行各业,经过多种技术的组合,不同领域的商业实践得到改变,掀起智能革命。

腾讯研究院发布的《中美 AI 创投报告》显示了中国 AI 渗透行业,其中位居前两位的分别是医疗行业和汽车行业,第三梯队中包含了教育、制造、交通、电商等实体经济标志性领域。但在各行各业引入人工智能是一个渐进的过程,根据目前人工智能的技术能力和应用热度,以下从六方面展望人工智能是如何应用的。

1) 健康医疗

历史上的每一次的重大技术进步,都会引领医疗保健取得很大的飞跃。如信息革命之后,发明出了 CT 扫描仪、微创手术仪器等各种医疗仪器设备。

人工智能在医疗健康领域得到了广泛的应用。人工智能对提高健康医疗服务的效率和疾病诊断等方面有得天独厚的优势,使得医疗效率大为提升。医疗诊断的人工智能如基于计算机视觉通过医学影像诊断疾病、通过患者医学影像与疾病数据库里的内容进行对比和深度学习,可以高效地诊断疾病。由于基于计算机技术,可以掌握所有数据库的病例,其能力远超一个资深医师。

2) 智慧城市

在人工智能的助力下,智慧城市逐步进入 3.0 版本。城市的能源、交通、供水等各个领域每天都会产生大量数据,而城市运行与发展中海量数据的有效性,可以通过人工智能来提取其中的有效信息,使数据在使用和处理上的有效性更加增强,对智慧城市而言,是一个新的思路和方法。

如今大量汽车巨头与互联网科技巨头之间已经展开了在自动驾驶汽车方面的应用初试,很多车辆已经实现半自动驾驶。在不久的将来,无人驾驶将会大量普及。

计算机视觉正在快速地在智能安防领域得到应用。

3) 智能制造

制造从自动化走向智能化。传统的机器人仅仅是数控的机械装置,无法适应环境的变

化。与人类的交互成本也非常高。而当前的机器人,其发展方向是智能化方向。对于制造业中小批量、多品种满足人的个性化需求等场景来说,高效率、高精度、能够主动适应的机器人可以提供解决方案,使大规模定制化成为可能。人工智能同时推进智能工厂、智能供应链等相互支撑的智能制造体系的构建。

设计过程、制造过程和制造装备的智能化经过人工智能的实现,给制造业赋予了新的内涵,效率也得到了极大的提升,对生产和组织模式也带来了颠覆性的变化。

4) 智能零售

人工智能对零售行业将会重新定义。在人口红利消失、老龄化加剧的社会大背景下,人工智能让无人零售得到很好的提升,提升了运营效率,降低了运营成本。

人脸识别技术可以为用户带来全新的支付体验。《麻省理工商业评论》发布的“2017 全球十大突破技术”榜单中,中国的“刷脸支付”技术位列其中。基于动态 WiFi 追踪、遍布店内的传感器、视觉设备及处理系统、客流分析系统等技术,特定人群预警、定向营销及服务建议、用户行为及消费分析报告可以被实时输出。人工智能可以帮助零售商简化库存和仓储管理。未来,人工智能将在时间碎片化、信息获取社交化的大背景下,以消费者为核心,建立灵活便捷的零售场景,极大地提升用户体验。

5) 智能服务业

如 Bot(build operate transfer)是建立在信息平台上的与我们互动的人工智能虚拟助理。在未来以用户为中心的物联网时代,Bot 会变得越来越智能,成为下一代多元服务的入口和移动搜索。Bot 可以在生活服务领域,以对话的方式提供各式各样的服务,如新闻资讯、网络购物、天气预报、交通查询、翻译等。在专业服务领域,Bot 可以借助专业知识图谱,配合业务场景特性,对用户的行为和需求理解的更准确,从而提供专业的客服咨询。虚拟助理是为了让人类从重复性、可替代的工作中解放出来,去完成如思考、创新、管理等更高阶的工作。

6) 智能教育

如基于人工智能的自动评分、个性化教育、语音识别测评等逐步在教育领域开始应用。人工智能可以为学生量身定制学习支持,形成自适应教育。

4. 人工智能发展趋势

(1) 机器人将在商业场景中成为主流。商业机器人将在以后的特定商业场景中,发挥越来越大的潜力。

(2) AI 云服务将成为未来发展趋势。一些 IT 巨头将软硬件开源,争相提供 AI 云服务给第三方,这样在第三方使用自己的平台时,数据会留在平台上,而这些数据会是人工智能时代的一座大金矿。

(3) 辅助驾驶成为 AI 的一个大规模应用。人工智能领域应用之一无人驾驶由特斯拉首先试用,目前很多汽车都能实现在有司机的情况下半自动驾驶。

(4) 人工智能语音交互成主流电视应用。传统的遥控器越来越无法满足人们使用电视的需求,语音为主的智能搜索和智能互动正在崛起。

(5) 智能芯片会成为更广泛应用。AI 应用的主导硬件处理器一直是 GPU(图形处理器),GPU 正在无人驾驶、图像语音识别等人工智能领域迅速扩大市场占比。

习题

1. 简述射频识别技术的原理、采用频率、技术特点、系统构成。
2. 简述传感器分类。
3. 简述 NFC 和 WiFi 技术的异同点。
4. 描述 NFC、ZigBee、Bluetooth、IEEE 802. 11ah(WiFi)、NB-IoT、LoRa、5G 等无线通信技术的频率、技术特点。
5. 简述物联网与大数据、云计算的关系。
6. 简述物联网与人工智能的关系。
7. 窄带物联网能否解决室内定位问题？