

模块一

物联网的概念和 体系结构

模块导读

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的信息产业新方向，是新一代信息技术的重要组成部分，其英文名称是“internet of things”，其价值在于让物体也拥有“智慧”，实现人与物、物与物之间的沟通。本模块重点介绍物联网的起源、发展现状和趋势，并从感知层、网络层和应用层对物联网体系结构进行介绍，使读者对物联网技术有一个基本的认识 and 了解。

学习单元一 物联网概述

引言

中国物联网校企联盟将物联网定义为当下几乎所有技术与计算机、互联网技术的结合,实现物体与物体之间环境和状态信息实时共享以及智能化的收集、传递、处理、执行。广义上说,当下涉及信息技术的应用,都可以纳入物联网的范畴。

一、物联网的起源

物联网的实践最早可以追溯到 1990 年施乐公司的网络可乐贩售机——Networked Coke Machine。1991 年,施乐公司的首席科学家 Mark Weiser 在《科学美国》上发表文章预测:“计算机将最终消失,演变为在人们没有意识到其存在时,它们就已经完全融入人们的生活。” Mark Weiser 的观点极具革命性,它预示着人工智能从形态上将向普物化发展,从功能上将向泛在计算发展,人们将不再意识到网络的存在,但却时时享受着网络的服务。

1995 年,比尔·盖茨在其著作《未来之路》中提及物物互联的概念:“当个人便携电脑普及之后,困扰机场、剧院和其他需要排队出示身份证件和票据的瓶颈路段就会消失。例如,当你走进机场大门时,你的个人便携电脑与机场计算机相连就会证实你的身份和购票信息;你也无需使用钥匙和磁卡开门,个人便携电脑会向门禁系统提供你的身份信息;当你遗失个人物品时,个人物品会自动发回它所处的位置。”

1999 年,在美国召开的移动计算和网络国际会议上,麻省理工学院 Auto-ID 中心的 Ashton 教授提出物联网这个概念,并提出了结合物品编码、射频识别(RFID)技术和互联网技术的解决方案。具体是在计算机互联网的基础上,利用射频识别技术、无线数据通信技术等,构造一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网“internet of things”,并且在会议上提出了“传感网是 21 世纪人类面临的又一个发展机遇”。

2003 年,美国《技术评论》提出传感网络技术将是未来改变人们生活的十大技术之首。

2005 年 11 月 17 日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(WSIS)上,国际电信联盟(ITU)发布的《ITU 互联网报告 2005:物联网》引用了物联网的概念,物联网的定义和范围已经发生了变化,覆盖范围有了较大的拓展,不再只是指基于 RFID 技术的物联网。

2008 年后,为了促进科技发展,寻找新的经济增长点,各国政府开始重视下一代的技术规划,将目光放在了物联网上。同年 11 月,在北京大学举行的第二届中国移动政务研讨会提出移动技术、物联网技术的发展代表着新一代信息技术的形成,并带动了经济社会形态的变革。

2009 年 1 月 28 日,奥巴马就任美国总统后,与美国工商业领袖们举行了一次“圆桌会议”,作为仅有的两名 IT 界代表之一,IBM 首席执行官彭明盛提出“智慧地球”这一概念,建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。当年,美国将新能源和物联网列为振兴经济的两大重点。IBM 认为,IT 产业下一阶段的任务是把新一代 IT 技术充分运用到各行各业中,希望“智慧的地球”策略能掀起互联网浪潮之后的又一次科技产业革命。IBM 前首席执行官郭士纳曾提出一个重要的观点,认为计算模式每隔 15 年发生一次变革,这一判断像摩尔定律



一样准确,人们把它称为“十五年周期定律”。而今天,“智慧地球”战略被不少美国人认为与当年的“信息高速公路”有许多相似之处,同样被他们认为是振兴经济、确立竞争优势的关键战略。该战略能否掀起如当年互联网革命一样的科技和经济浪潮,不仅为美国所关注,更为世界所关注。

2009年,欧盟委员会发表题为《欧盟物联网行动计划》的物联网行动方案,描绘了物联网技术应用的前景。韩国通信委员会于2009年也出台《物联网基础设施构建基本规划》。2009年,日本政府IT战略本部制定了日本新一代的信息化战略《I-Japan 战略2015》,该战略旨在到2015年让数字信息技术如同空气和水一样融入每一个角落,该战略聚焦电子政务、医疗保健和教育人才三大领域,主要目标是激活产业和地域的活性,培育新产业,整顿数字化基础设施。

2009年8月,温家宝总理在视察中国科学院无锡物联网产业研究所时提出“感知中国”,物联网被正式列为国家五大新兴战略性产业之一,写入“政府工作报告”,由此物联网在中国受到了全社会的极大关注。截至2010年,中华人民共和国发展和改革委员会、工业和信息化部等部委会同有关部门,在新一代信息技术方面开展研究,形成支持新一代信息技术的一些新政策措施,从而推动我国经济的发展。

二、物联网的定义

物联网目前为止还没有一个精确且被公认的定义,之前国内外普遍接受的是麻省理工学院 Auto-ID 中心 Ashton 教授 1999 年在研究 RFID 时最早提出来的物联网概念。在 2005 年国际电信联盟发布的报告中,物联网的定义和范围已经发生了变化,覆盖范围有了较大的拓展,不再只是指基于 RFID 技术的物联网。

国际电信联盟发布的互联网报告中,对物联网做了新的定义,即通过二维码识读设备、射频识别装置、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。

根据国际电信联盟的定义,物联网主要解决物品与物品(thing to thing, T2T)、人与物品(human to thing, H2T)、人与人(human to human, H2H)之间的互联。但是与传统互联网不同的是, H2T 是指人利用通用装置与物品之间的连接,从而使得物品连接更加简化,而 H2H 是指人与人之间不依赖于 PC 而进行的互联,因为互联网并没有考虑到对于任何物品连接的问题,故使用物联网来解决这个传统意义上的问题。许多学者讨论物联网时经常会引入一个 M2M 的概念,可以解释为人到人(man to man)、人到机器(man to machine)、机器到机器(machine to machine)。从本质上而言,人与机器、机器与机器的交互,大部分是为了实现人与人之间的信息交互。

物联网是新一代信息技术的重要组成部分,有两层意思,第一,物联网的核心和基础仍然是互联网,是在互联网基础上延伸和扩展的网络;第二,物联网用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间,进行信息交换和通信。物联网就是“物物相连的互联网”。物联网是互联网的应用拓展,与其说物联网是网络,不如说物联网是业务和应用。因此,应用创新是物联网发展的核心,以用户体验为核心的创新是物联网发展的灵魂。

最简洁明了的定义:物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络,具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化三个重要特征。

其他的定义:物联网指的是将无处不在的末端设备和设施,包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼宇控制系统、家庭智能设施、视频监控系统等,以及具备“外在使能”的设备,如贴上 RFID 的各种资产、携带无线终端的个人与车辆等“智能化物件或动物”或“智能尘埃”,通过各种无线或有线的长距离或短距离通信网络实现互联互通(M2M)、应用大集成以及基于云计算的 SaaS 运营等模式,在内网、专网或互联网环境下,采用适当的信息安全保障机制,提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、在线升级、统计报表、决策支持、领导桌面等管理和服务功能,实现对“万物”高效、节能、安全、环保的管、控、营一体化。

也有人提出用“一句式”理解物联网,即把所有物品通过信息传感设备与互联网连接起来,以实现智能化识别和管理。

中国物联网校企联盟在其著名的科技融合体模型中,提出了物联网是当下最接近该模型顶端的科技概念和应用。物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络,其具有智能、先进、互联的三个重要特征。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用,被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

综上所述,“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物品之间进行信息交换和通信的一种网络概念。如果说互联网是通过网络连接计算机并实现网络两端“人与人”的沟通,那么物联网则是实现网络两端“人与物”或者“物与物”的连接沟通,人们需要做的是将网络两端的物赋予“智慧”和“感知”,即通过嵌入智能技术和传感技术,将物赋予智慧和感知能力,从而使得人类的的生活和工作环境成为一个能够为人类提供智能化和系统化服务的环境。物联网也可以说是通过射频识别、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,把任何物品与网络相连接,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概念。

本书对物联网的定义:物联网是将与人类活动相关的事物赋予感知或被感知的能力,通过信息的采集处理、组网传输、整理并服务于人类的网络系统,使人类生产和生活更加智能高效。物联网技术具有嵌入标识、全面感知、泛在互联、智能挖掘等几个趋势特性。

三、物联网的应用

1. 物联网的应用范围

物联网用途广泛,遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测、环境监测、老人护理、个人健康、花卉栽培、水系监测、食品溯源、敌情侦查和情报搜集等多个领域。

国际电信联盟在 2005 年的报告中曾描绘物联网时代的生活场景,例如,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”洗衣机对颜色和水温的要求等。物联网在物流领域内的应用则更多,例如,一家物流公司应用了物联网系



统的货车,当装载超重时汽车会自动告诉你超载了,超载多少,而空间如还有剩余,则告诉你轻重货怎样搭配;当搬运人员卸货时,一只货物包装可能会大叫“你扔疼我了”,或者说“亲爱的,请你不要太野蛮,可以吗?”;当司机在和别人闲谈时,货车会装作老板的声音怒吼“笨蛋,该发车了!”。

物联网把新一代 IT 技术充分运用到各行各业中,具体地说,就是把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中,然后将物联网与现有的互联网整合起来,实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络中,存在能力超级强大的中心计算机群,能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制,在此基础上,人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然的关系。

2. 物联网的应用举例

物联网传感器产品已率先在上海浦东国际机场防入侵系统中得到应用,该系统铺设了三万多个传感节点,覆盖了地面、栅栏和低空探测,可以防止人员的翻越、偷渡、恐怖袭击等攻击性入侵。上海世博会也与中国科学院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心签下订单,购买了 1 500 万元防入侵微纳传感网产品。

ZigBee 路灯控制系统点亮济南园博园。ZigBee 无线路灯照明节能环保技术的应用是济南园博园中的一大亮点,园区所有的功能性照明都采用了 ZigBee 无线技术达成的无线路灯控制。

首家手机物联网落户广州。手机物联网以移动终端与电子商务相结合的模式,让消费者可以与商家进行便捷的互动交流,随时随地体验品牌品质,传播分享信息,实现互联网向物联网的从容过渡,缔造出一种全新的零接触、高透明、无风险的市场模式。手机物联网购物就是闪购,广州闪购通过手机扫描条形码、二维码等方式,可以进行购物、比价、鉴别产品等功能,这种智能手机和电子商务的结合,是手机物联网的一项重要功能。预计 2015 年中国手机物联网市场规模达 6 847 亿元,手机物联网应用正伴随着电子商务大规模兴起。

物联网与门禁系统的结合。一个完整的门禁系统由读卡器、控制器、电锁、电源、处理中心等八个模块组成,无线物联网门禁将门点的设备简化到了极致,即一把电池供电的锁具,除了门上要开孔装锁外,门的四周不需要任何辅助设备,整个系统简洁明了,大幅缩短施工工期,也能降低后期维护的成本。无线物联网门禁系统的安全与可靠主要体现在两个方面,即无线数据通信的安全性包管和传输数据的安穩性。

物联网与云计算的结合。物联网的智能处理依靠先进的信息处理技术,如云计算、模式识别等技术,云计算可以从两个方面促进物联网和智慧地球的实现:首先,云计算是实现物联网的核心;其次,云计算促进物联网和互联网的智能融合。

物联网与 TD-SCDMA 的结合。物联网发展是确保 TD-SCDMA 成功的重大契机。TD-SCDMA 是我国拥有自主知识产权的第三代移动通信系统,是宽带无线通信网络,TD-SCDMA 的发展需要数据业务的拉动,而物联网应用是需求最迫切的增强型数据业务,具有广阔的应用前景,能够充分发挥 TD-SCDMA 网络优势,有助于促进 TD-SCDMA 产业链的成熟。完善现有网络,发挥 TD-SCDMA 优势,积极推动无线传感器网络与 TD-SCDMA 网

络融合,构建适于物联网应用的 GPRS/TD-SCDMA/WSN(无线传感器网络)融合网络,大力发展适于 TD-SCDMA 网络承载的物联网业务,提升 TD-SCDMA 的核心竞争力,给物联网的发展以强有力的支撑,是中国移动通信集团公司(以下简称中国移动)的发展思路。

—— 问题与思考 ——

问题 结合国内外对于物联网的定义,谈谈你是如何理解和认识物联网的。

思考: _____

学习单元二 世界各国的物联网战略

引言

物联网涉及多个领域,物联网产业包含的门类也十分庞大,延伸到社会经济生活的方方面面,被称为下一个万亿级的通信业务。在物联网发展过程中,各国政府纷纷提出未来的发展战略,包括美国、日本、韩国和欧盟等发达国家和地区都制定了物联网产业发展政策,中国也在积极培育物联网产业,争夺物联网领域的战略制高点。

一、美国的智慧地球

2008 年 11 月,IBM 提出“智慧地球”的发展战略,奥巴马政府对此给予了积极的回应,认为“智慧的地球”有助于美国的“巧实力(smart power)”战略实施,是继互联网之后又一国家发展的核心领域。

“智慧的地球”是把新一代 IT 技术充分运用在各行各业中,例如,把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁等各种物体中,并连接形成物联网,然后在此基础上将各种现有网络进行对接,实现人类社会与物理系统的整合,从而使人类以更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态。“智慧”状态应具有三个方面的特征:更透彻的感知、更全面的互联互通、更深入的智能化。

按照 IBM 的定义,“智慧地球”包括三个维度:一是能够更透彻地感知和度量世界的本质和变化;二是促进世界更全面地互联互通;三是在此基础上,所有事物、流程、运行方式都将实现更深入的智能化,企业因此获得更智能的洞察。

“智慧地球”的核心是无处不在的智能对象被无处不达的网络与人连接在一起,再被无所不能的超级计算机调度和控制。与这一战略相关的是前所未有的“智慧”基础设施,这种



“智慧”状态将伴随大量“聚合服务”应用的产生,实现人与物、物与物应用的不断被开发、集成,并将为创新提供无穷无尽的发挥空间。

二、日本的 I-Japan

日本 IT 战略本部于 2009 年 7 月 6 日正式推出至 2015 年的中长期信息技术发展战略,该战略命名为 I-Japan 战略 2015(以下简称 I-Japan)。

I-Japan 中的“I”有两层意思:一层是指像水和空气那样的应用信息技术(inclusion),数字化技术将如同空气和水一般融入日本社会的每一个角落,由此实现安全、稳定、公平、易用的信息使用环境,从而构建国民生活丰富多彩、人与人关系更加和谐的社会;另一层意思是创新(innovation),能够使企业积极自主地创新,使企业向低成本高收益转型,创造一个经济可持续发展的、与国际社会协调合作的社会环境。

I-Japan 战略提出“智慧泛在”构想,将传感网列为其国家重点战略之一,致力于构建一个个性化的物联网智能服务体系,充分调动日本电子信息企业的积极性,确保日本在信息时代的国家竞争力始终位于全球第一阵营。同时,日本政府希望通过物联网技术的产业化应用,减轻由人口老龄化所带来的医疗、养老等社会负担,并由此实现积极自主的创新,催生出新活力,改革整个经济社会。

I-Japan 战略包含三大核心领域。

(1)电子政府和电子自治体。完善电子政务推进体制,延续过去的计划并确立 PDCA(计划-执行-检查-行动)体制。广泛普及并落实“国民电子个人邮箱”,使国民可经由各种渠道轻松享受一站式的行政服务,参与电子政务。在政府层面,首次设立了首席信息技术长官(CIO,副首相级)的职位,该职位将监督日本信息技术战略的执行,提高各级领导和具体执行人员对行政、医疗和教育的电子化的认识,推进以国民利用信息技术的便利性为首要战略的新的信息技术计划的落实。

(2)医疗保健。通过使用远程医疗技术,应对当前的某些区域医生短缺等相关医疗问题。通过在医疗机构中建立数字化基础设施,使诊断业务更加高效,从而减轻医务工作者的负担,完善医院的经营管理,同时实现区域性的医疗机构合作。通过电子保健记录,个人可将从医疗机构获取的保健信息提供给医务人员,减少误诊率,避免不必要的重复检查,并可以对处方信息和配药信息进行跟踪反馈,实现更加安全、便利和高质量的医疗服务。

(3)教育和人才。推广数字化技术与信息化教育的应用,提高学生的学习能力和应用信息的能力,强化对教职员工应用数字化技术的指导,建立稳定、长期的高级数字化人才的培训体制。在充实大学等信息化教育与数字基础设施建设的同时,促使基于数字化技术的远程教育与在线教育系统的应用。

三、韩国的 U-Korea

U 是英文单词 ubiquitous 的缩写,来源于拉丁语,意为“普遍存在的,无所不在的”。

2005 年 3 月,韩国信息通信部(MIC)主导成立 U-Korea 策略规划小组,同年 9 月完成 U-Korea 政策草案,历经半年跨部会的讨论和修正,在 2006 年 3 月确立 U-Korea 总体政策

规划。U-Korea 旨在建立无所不在的社会,也就是在民众的生活环境里布建智能型网络(如 Ipv6、BCN、USN)、最新的技术应用(如 DMB、RFID)等先进的信息基础建设,让民众可以随时随地享有科技智能服务。U-Korea 通过运用 IT 科技,为民众创造衣食住行和娱乐等各个方面无所不在的便利生活服务,扶植 IT 产业发展新兴应用技术,强化产业优势与国家竞争力。2009 年 10 月韩国颁布了《物联网基础设施构建基本规划》,将物联网市场确定为新增长动力,确定了构建物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网扩散环境等四大领域,提出实现“通过构建世界最先进的物联网基础设施,打造未来广播通信融合领域超一流信息通信技术强国”的目标。

为了落实上述目标,U-Korea 提出了四项关键建设和五大社会应用:四项关键建设为生态工业建设、现代化社会建设、透明化技术建设以及平衡全球领导地位,五大社会应用为亲民政府、智慧科技园区、再生经济、安全社会环境以及 U 化服务。

四、欧盟的物联网行动计划

欧盟早在 2006 年就成立工作组,专门进行 RFID 技术研究,并于 2008 年发布《2020 年的物联网——未来路线》。2009 年,欧洲 RFID 项目组物联网小组(CERP-IOT)在欧盟委员会资助下制定了《物联网战略研究路线图》《RFID 与物联网模型》等意见书。2009 年 6 月 18 日,欧盟委员会向欧盟议会、欧盟理事会、欧洲经济和社会委员会和地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》,希望通过构建新型物联网管理框架,让欧洲引领世界物联网发展,该计划的制订标志着欧盟已经将物联网的实现提上日程。《欧盟物联网行动计划》涵盖了行政管理、安全保护、隐私控制、基础设施建设、标准制定、技术研发、产业合作、项目落实、通报制度、国际合作等重要内容,已被视为重振欧洲的战略组成部分之一。

《欧盟物联网行动计划》提出了物联网的三方面特性和三个结论。

1.《欧盟物联网行动计划》提出的物联网三方面特性

(1)它不应该被仅仅看作互联网的延伸,而是一种新的、具有自己独立架构的物联网基础设施(部分依赖于现有的互联网基础设施)。

(2)物联网将与新服务共同发展。

(3)物联网包含不同的通信模式。

2.《欧盟物联网行动计划》得出的三个结论

(1)物联网还未成型,是一个技术远景,在 2015—2025 年将改变社会运作方式。

(2)欧洲可以在物联网方面发挥主导作用。

(3)欧盟委员会将通过《欧盟物联网行动计划》推动物联网的发展。

五、中国的感知中国

2009 年 8 月 7 日,时任国家总理的温家宝在无锡视察时指出:“当计算机和互联网产业大规模发展时,我们因为没有掌握核心技术而走过一些弯路。在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术,要在激烈的国际竞争中,迅速建立中国的传感信息中心或‘感知中国’中心”。2009 年 11 月,我国国家领导人在人民大会堂发表了题为《让科技引领中国



可持续发展》的讲话,其中提到要着力突破传感网、物联网的关键技术,及早部署后 IP 时代相关技术研发,使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的“发动机”。2010 年 3 月,“加快物联网的研发应用”第一次写入中国政府工作报告。物联网被正式列为国家五大新兴战略产业之一。

在国家的引领之下,各部门各地区积极响应,纷纷出台各项举措推动物联网发展。《国家中长期科学与技术发展规划(2006—2020 年)》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将传感网列入重点研究领域。中华人民共和国工业和信息化部(以下简称工信部)开展物联网的调研,计划从技术研发、标准制定、市场应用、产业协作四个方面支持物联网发展。无锡市大力建设国家传感网创新示范区(国家传感信息中心),而 2010 年 1 月江苏省新型感知器件产业技术创新战略联盟在昆山传感器产业基地成立,进一步加快无锡物联网产业创新集群的形成。北京也积极启动物联网建设,2009 年 11 月,由中国移动、大唐移动通信设备有限公司、中国科学院软件所、清华大学、北京大学、北京邮电大学等物联网产业链上的 40 多家企业、大学和研发机构共同组建了中关村物联网产业联盟,志在打造中国物联网产业中心。广东成立了 RFID 标准化技术委员会。上海从 2010 年起由政府启动物联网体系建设,并在全市范围组织实施物联网应用示范工程。天津在 2011 年开始在海河科技园建设“物联网感知基地”,在空港经济技术开发区筹建国家级的物联网展厅。其他地区也从制定规划、设立机构等方面积极推动物联网的发展。

在应用领域,五粮液集团有限公司使用 RFID 防伪和追溯管理的物联网技术;中国科学技术馆启用了 RFID 电子门票;江苏省电力公司利用传感和测量技术监控全网数万台配电变压器;深圳 24 小时自助图书馆利用 RFID 技术解决了文献定位导航,取得了图书管理的智能化和服务模式的创新;上海世博园为园区食材加装 RFID,使用“食品安全实时综合监控平台”进行食品跟踪监控,确保食品安全;中国移动采用 RFID 技术的 SIM 卡,实现了手机近端刷卡消费。由此可见,物联网的应用已经扩展到交通运输、食品安全、电网管理、公共服务等多个方面。

但是,我国物联网发展尚处于起步阶段,目前存在一系列瓶颈和制约因素:一是产业体系较小,没有形成规模化产业优势;二是核心关键技术有待突破,在传感器、芯片、制造工艺、海量信息处理等核心技术上,与发达国家相比存在差距;三是标准分散、体系不完善,在国际上面临关键资源和核心标准之争;四是物联网承载大量的国家经济社会活动和战略性资源,面临巨大的安全与隐私保护挑战。需要结合中国国情来发展适合我国经济水平的绿色、开放、可靠的物联网,走有特点、能带动核心技术企业发展的低成本信息化道路,让物联网技术惠及国家和人民。

总之,不管是智慧地球,还是感知中国,虽然各有侧重,但共同点是一样的,主要表现在以下三个方面。

(1)融合各种信息技术,突破互联网的限制,将物体接入信息网络,实现“物物互联”。

(2)在网络泛在基础上,将信息技术应用到社会各个领域,从而影响国民经济和社会生活的方方面面。

(3)未来信息产业的发展会由信息网络向泛在网络和智能应用方向拓展、延伸和突破。

—— 问题与思考 ——

问题 智慧地球、感知中国、U-Korea、I-Japan 的共同点和区别是什么？

思考：.....
.....
.....
.....
.....

学习单元三 物联网的发展现状和趋势

引
言

物联网未来是什么样的？要回答这个问题，需要从国外和国内两方面对物联网的研发和应用进行分析，讨论物联网标准化进程和物联网产业面临的问题，在此基础上对物联网的前景进行展望。

一、国外物联网技术的研究和发展

国外对物联网的研发和应用主要集中在美国、欧洲、日本、韩国等少数国家和地区，其最初的研发方向主要是条形码、RFID 等技术在商业零售、物流管理领域的应用。随着 RFID、传感器技术、短距离通信以及计算机技术的发展，近年来其研发和应用逐步拓展到环境监测、生物医疗、智能基础设施等领域。

对于未来物联网的发展，欧洲智能系统集成技术平台(EPoSS)在 *Internet of Things in 2020* 报告中进行了分析预测，认为物联网发展将经历四个阶段。

- (1)2010 年之前实现单个物体间互联，RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域。
- (2)2010—2015 年实现物与物之间联网，无所不在的标签和传感器网络。
- (3)2015—2020 年物体进入半智能化，标签、物件可执行指令。
- (4)2020 年之后物体进入全智能化。

就目前而言，许多物联网相关技术仍在开发测试阶段，离不同系统之间融合、物与物之间全面连接的远期目标还存在一定差距。

二、中国物联网技术的研究和发展

中国政府极为重视物联网的发展。温家宝总理在 2010 年和 2011 年政府工作报告中明确提出“要大力培育战略性新兴产业，加快物联网的研发应用，加大对战略性新兴产业的投入和政府支持”，“积极发展新一代信息技术产业，建设高性能宽带信息网，加快实现‘三网融合’，促进物联网示范应用”。

2010 年，物联网技术发展已被列入中国国家级重大科技专项，与新能源、绿色制造等



并列为国家五大新兴战略性产业。在物联网这个全新学科领域中,我国的技术研发水平目前处在世界前列,中国科学院早在 1999 年就启动了传感网研究,这将彻底改变中国在前两次信息革命浪潮中落后的局面。

与此同时,中国物联网技术研究取得了一些突破性进展。目前,物联网关键技术在城市的安全监控系统、轨道交通、机场、医疗、物流等领域都已有了实际的应用,如 RFID 在电子票证、门禁管理、仓库、运输、物流、车辆管理、工业生产线管理、动物识别等领域中的应用,目前世界上最大的 RFID 项目(第二代居民身份证)和各地积极实施的交通一卡通、校园一卡通、电子身份证、动物管理、电子门票防伪系统等项目。在地震救灾中,堰塞湖的实时动态信息就是通过“网络+传感技术”实现监控,避免人员实地观测可能遇到的伤亡风险。

三、物联网标准化概况

物联网覆盖领域较广,物联网的大规模应用离不开标准体系的建立。目前物联网还缺乏统一标准,标准化的实现能够整合行业应用,规范新业务的实现和测试,保证物联网产品的互操作性和全网的互联互通。物联网标准体系的建设与完备是物联网产业发展的关键。

1. 国际物联网标准制定现状

目前投入物联网相关整体架构研究的国际组织有欧洲电信标准化协会(ETSI)、国际电信联盟、国际标准化组织/国际电工委员会(ISO/IEC)等。总体来看,物联网标准制定目前主要处于构架设计和需求分析阶段。

(1)欧洲电信标准化协会。欧洲电信标准化协会是由欧盟建立的一个非营利的电信标准化组织,其 M2M 技术委员会主要目标是研究以 M2M 为主要业务形式的物联网。

(2)国际电信联盟。国际电信联盟主要以物联网下属的泛在传感网(USN)为研究目标。

(3)ISO/IEC。1995 年 ISO/IEC 联合技术委员会 JTC1 专门设立子委员会 SC31,负责 RFID 标准化研究工作,针对 RFID 编码、空中接口、应用场景制定了相关标准。同时,ISO/IEC 数据通信分技术委员会 JTC1 SC6 于 2007 年底成立传感网研究组(SGSN),对物联网整体架构的标准进行研究。中国也非常重视这一领域的国际标准化工作,先后四次组织专家参加会议,同时积极参与 SGSN 中《传感器网络技术报告》的编写工作,提出的传感器网络标准体系和大量技术文献被该技术报告所采纳。

除了物联网整体架构的相关标准化工作组外,还有其他标准化工作组如 IEEE、3GPP 对涉及物联网中具体技术如 RFID、无线短距离通信等进行标准化。

2. 中国物联网标准制定现状

控制国际标准的制定可以抢占发展的制高点,因此,为加快物联网在中国的发展,避免受制于发达国家的技术壁垒,必须加快制定中国的自主标准,并努力将自主标准提升为国际标准。

(1)2003 年,信息设备资源共享协同服务标准工作组(闪联)成立,主要负责制定信息设备智能互联与资源共享协议(IGRS)。

(2)电子标签标准工作组于 2005 年 10 月成立,电子标签标准工作组下设了七个专题组,即总体组、标签与读写器组、频率与通信组、数据格式组、信息安全组、应用组和知识产权组。

(3)传感器网络标准工作组(WGSN)成立于 2009 年 9 月,工作组聚集了中国科学院、中

中国移动等国内传感网主要的技术研究和应用单位。目前开展的六项标准制定工作分别由标准体系与系统架构项目组、协同信息处理项目组、通信与信息交互项目组、标识项目组、安全项目组和接口项目组负责。2010 年成立了传感器网络网关标准项目组、无线频谱研究与测试研究项目组、传感器网络设备技术要求和测试规范研究项目组、机场围界传感器网络防入侵系统技术要求行业标准项目组、面向大型建筑节能监控的传感器网络系统技术要求行业标准项目组。

(4) 中国通信标准化协会 (CCSA) 先后启动了《无线泛在网络体系架构》、《无线传感器网络与电信网络相结合的网关设备技术要求》等标准的研究与制定。2010 年 2 月, CCSA 成立泛在网技术工作委员会 TC10, 目前设立四个专题组, 即总体组、感知延伸组、网络组、应用组。

(5) 运营商。中国电信集团公司 (以下简称中国电信) 开发了 M2M 平台, 该平台基于开放式架构设计, 可以在一定程度上解决标准化问题。中国移动制定了 WMMP 标准 (企业标准), 并在网上公开进行 M2M 的终端认证测试工作。

虽然这些组织和企业已经展开工作, 但是相对于物联网发展和应用的需求仍显不足。需要创新标准化工作模式, 加强沟通和合作。

2010 年 6 月, 在工信部以及国家标准化管理委员会的指导下, 中国物联网标准联合工作组在北京成立, 工作组由工信部电子标签标准工作组等 19 家相关标准化组织联合组成, 推动了中国的物联网标准体系建设。物联网产业发展要坚持以前沿技术为突破, 走“技术专利化、专利标准化、标准国际化”的道路, 参与、影响并主导国际标准的制定, 这也是中国物联网标准战略的核心所在。

四、中国物联网发展面临的问题

物联网作为一个新兴产业, 有广阔的发展前景, 但是它在中国的发展也面临诸多问题, 主要体现在以下几个方面。

1. 知识产权

在物联网技术发展过程中, 掌握关键技术和自主知识产权是物联网发展的关键因素之一。

2. 技术标准

目前行业技术主要缺乏两个方面的标准, 即接口的标准化和数据模型的标准化。

3. 产业链条

和其他先进国家相比, 中国的物联网产业链条完善度还存在差距。虽然中国移动、中国联通和中国电信三大运营商和中兴通讯股份有限公司 (简称中兴通讯)、华为技术有限公司 (简称华为) 这一类的系统设备商都已经是世界级水平, 但是在其他环节相对欠缺。物联网产业化必然需要芯片商、传感设备商、系统解决方案厂商、移动运营商等上下游企业通力配合。产业链的合作需要兼顾各方利益, 目前的机制和商业模式尚不健全, 物联网普及之路还相对漫长。

4. 行业协作

物联网应用领域十分广泛, 遍布众多行业。在产业化过程中必须加强各行业主管部门



的协调与互动,以开放的心态展开通力合作,打破行业、地区、部门之间的壁垒,促进资源共享,加强体制优化改革,才能有效保障物联网产业的健康发展。

5. 盈利模式

物联网分为感知层、网络层、应用层三个层次,在每一个层面上都将有多种选择去开拓市场,商业模式变得异常关键。对于任何一次信息产业的革命来说,出现一种新型而能成熟发展的商业盈利模式是必然的结果。目前物联网发展直接带来的一些经济效益主要集中在与物联网有关的电子元器件领域,如射频识别装置、感应器等,而庞大的数据传输给网络运营商带来的机会以及对最下游如物流及零售等行业所产生的影响,还需要相当长时间才能体现。

6. 使用成本

物联网产业需要将物与物连接起来并且进行更好的控制管理,这一特点决定了其发展必将会随着经济发展和社会需求而催生出更多的应用,所以,在物联网传感技术推广的初期,功能单一、价位高是很难避免的问题。如何突破初期用户在成本方面的顾虑成了打开市场的首要问题,所以在成本尚未降至一定水平的前提下,物联网的发展将受到限制。

7. 安全问题

在物联网中,射频识别技术是一个很重要的技术。在射频识别系统中,标签有可能预先被嵌入任何物品中,如人们的日常生活物品中,但由于该物品(如衣物)的拥有者不一定能够觉察该物品预先已嵌入有电子标签且自身可能不受控制地被扫描、定位和追踪,这势必会使个人的隐私权受到侵犯,因此,如何确保标签物的拥有者个人隐私不受侵犯便成为射频识别技术以至物联网推广的关键问题。这不仅仅是一个技术问题,还涉及政治和法律问题。

五、物联网前景展望

从物联网的市场来看,至2015年,中国物联网整体市场规模将达到7 500亿元,年复合增长率超过30%,物联网的发展已经上升到国家战略的高度,必将有大大小小的科技企业受益于国家政策扶持,进入科技产业化的过程中。从行业的角度来看,物联网主要涉及的行业包括电子、软件和通信,通过电子产品标识感知识别相关信息,通过通信设备和服务传输信息,最后通过计算机处理存储信息,而这些产业链的任何环节都会形成相应的市场,加在一起的市场规模就相当大,可以说,物联网产业链的细化将带来市场进一步细分,造就一个庞大的物联网产业市场。另据思科系统公司最新报告称,未来十年,物联网将带来一个价值14.4万亿美元的巨大市场,未来1/3的物联网市场机会在美国,30%在欧洲,而中国和日本将分别占据12%和5%。

中国物联网建设的发展目标:到2015年,中国要在核心技术研发与产业化、关键标准研究与制定、产业链条建立与完善、重大应用示范与推广等方面取得显著成效,初步形成创新驱动、应用牵引、协同发展、安全可控的物联网发展格局;攻克一批物联网核心关键技术,在感知、传输、处理、应用等技术领域取得500项以上重要研究成果;研究制定200项以上国家和行业标准;推动建设一批示范企业、重点实验室、工程中心等创新载体,为形成持续创新能力奠定基础。

中国物联网建设当前的主要任务集中在以下几个方面。



- (1)大力攻克核心技术。
- (2)加快构建标准体系。
- (3)协调推进产业发展。
- (4)着力培育骨干企业。
- (5)积极开展应用示范。
- (6)合理规划区域布局。
- (7)加强信息安全保障。
- (8)提升公共服务能力。

物联网是当前最具发展潜力的产业之一,将有力带动传统产业转型升级,引领战略性新兴产业的发展,实现经济结构和战略性调整,引发社会生产和经济发展方式的深度变革,具有巨大的战略增长潜能,是后危机时代经济发展和科技创新的战略制高点,已经成为各个国家构建社会新模式和重塑国家长期竞争力的先导力。中国必须牢牢把握产业创新方向和机遇,加快物联网产业的发展。但是发展的道路并不平坦,需要培养创新型的人才,需要更加扎实的工作。

—— 问题与思考 ——

问题 1 物联网发展面临的问题是什么?

思考:

.....

.....

.....

.....

问题 2 中国物联网发展的主要任务是什么?

思考:

.....

.....

.....

.....

—— 课堂体验 ——

讨论物联网的应用

本环节由教师组织学生进行,教师向学生介绍几类物联网应用场景,学生根据自己的理解对物联网的应用进行讨论。



学习单元 四 物联网相关概念辨析

引言

在日常生活中,我们经常接触传感网、互联网、泛在网等相似概念,对于物联网与传感网、互联网、泛在网的区别和联系需要进一步明确认识,通过对物联网与传感网、互联网、泛在网等相似概念进行比较说明,针对物联网认识存在的误区进行分析,进一步明确物联网的相关概念。

误区之一:把传感网或 RFID 网等同于物联网。事实上传感技术和 RFID 技术都仅仅是信息采集技术之一。除传感技术和 RFID 技术外, GPS、视频识别、红外、激光、扫描等所有能够实现自动识别与物物通信的技术都可以成为物联网的信息采集技术。传感网或者 RFID 网只是物联网的一种应用,但绝不是物联网的全部。

误区之二:把物联网当成互联网的无限延伸,把物联网当成所有物的完全开放、全部互连、全部共享的互联网平台。实际上物联网绝不是简单的全球共享互联网的无限延伸,而且互联网也不仅仅指我们通常认为的国际共享的计算机网络,互联网也有广域网和局域网之分。物联网既可以是平常意义上的互联网向物的延伸,也可以根据现实需要及产业应用组成局域网、专业网。现实中没必要也不可能使全部物品联网,也没必要使专业网、局域网都必须连接到全球互联网共享平台。今后的物联网与互联网会有很大不同,类似智能物流、智能交通、智能电网等专业网以及智能小区等局域网才是最大的应用空间。

误区之三:认为物联网就是泛在网。物联网是指通过部署具有一定感知、计算、执行和通信能力的各种设备,获得物理世界的信息,通过网络实现信息的传输、协同和处理,从而实现广域的人与物、物与物之间信息交换的互联的网络。换言之,物联网的几个关键环节是“感知、传输、处理”。泛在网络也被称作无所不在的网络,泛在网络是为了打破地域限制,实现人与人、人与物、物与物之间按需进行的信息获取、传递、存储、认知、决策、使用等服务,人们可以在不意识到网络存在的情况下,随时随地通过适合的终端设备上网并享受服务。泛在网络要求尽量不改变或少改变现有设备及技术,通过异构网络之间的融合协同作用来实现。物联网和泛在网在定义上有很多重合的地方,都强调物与物之间、人与物之间的通信,物联网的应用也有泛在化的需求和特征,但是在广度上来说,泛在网络的观念反映了信息社会发展的远景和蓝图,具有比物联网更广泛的内涵。可以说泛在网是一个大而全的蓝图,而物联网是目前该蓝图实施中的物联阶段。

误区之四:认为物联网就是物物互联、无所不在的网络,因此认为物联网是空中楼阁,是很难实现的技术。事实上物联网是实实在在的,很多初级的物联网应用已经在为我们服务着。物联网理念就是在很多现实应用基础上推出的聚合型集成系统的创新,是对已经存在的具有物物互联的网络化、智能化、自动化系统的概括与提升,它从更高的角度升级了人们的认识。

误区之五:基于自身认识,把仅仅能够互动、通信的产品都当成物联网的应用。例如,仅仅嵌入一些传感器,就成为了所谓的物联网家电;把产品贴上 RFID 标签,就成了物联网应

用等。

综上所述,传感网是物联网的组成部分,物联网是互联网的延伸,泛在网是物联网发展的愿景。物联网就是“物物相连的互联网”。物联网的基础仍然是互联网,是在互联网基础之上扩展的一种网络,物联网涵盖范围已经超出传感网,其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间的信息交换和通信。物联网最本质的含义是数字世界和物理世界的融合网络,以智能化和泛在化为特征的双向融合,并将带来巨大的创新价值和市场空间。可以相信,随着物联网应用的开展,物联网的影响将不仅仅局限在技术领域,就如同互联网一样会广泛地深入经济生活、社会生活、文化生活等各个领域,很有可能接过互联网的接力棒,成为新世纪的一场信息革命,全面改变我们的生活。

问题与思考

问题 1 物联网和传感网的区别是什么?

思考:

问题 2 物联网和互联网的关系是什么?

思考:

问题 3 物联网和泛在网的关系是什么?

思考:

学习单元五 物联网的体系结构

引言

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的信息产业新方向,其价值在于让物体也拥有了“智慧”,从而实现人与物、物与物之间的沟通。下面将从感知层、网络层、应用层对物联网体系架构进行介绍,同时,物联网体系架构也是学习物联网的线索和灵魂,读者可以借助本单元了解物联网知识体系的基本框架。

物联网的价值在于让物体也拥有了“智慧”,从而实现人与物、物与物之间的沟通,物联网的特征在于感知、互联和智能的叠加,因此,物联网由三个部分组成。

- (1)感知部分,以二维码、RFID、传感器为主,实现对“物”的识别。
- (2)传输网络,通过现有的互联网、广电网络、通信网络等实现数据的传输。
- (3)智能处理,即利用云计算、数据挖掘、中间件等技术实现对物品的自动控制与智能管理等。

目前在业界物联网体系架构也被公认为有三个层次,底层是用来感知数据的感知层,中间层是数据传输的网络层,最上层则是应用层,物联网体系结构如图 1-1 所示。

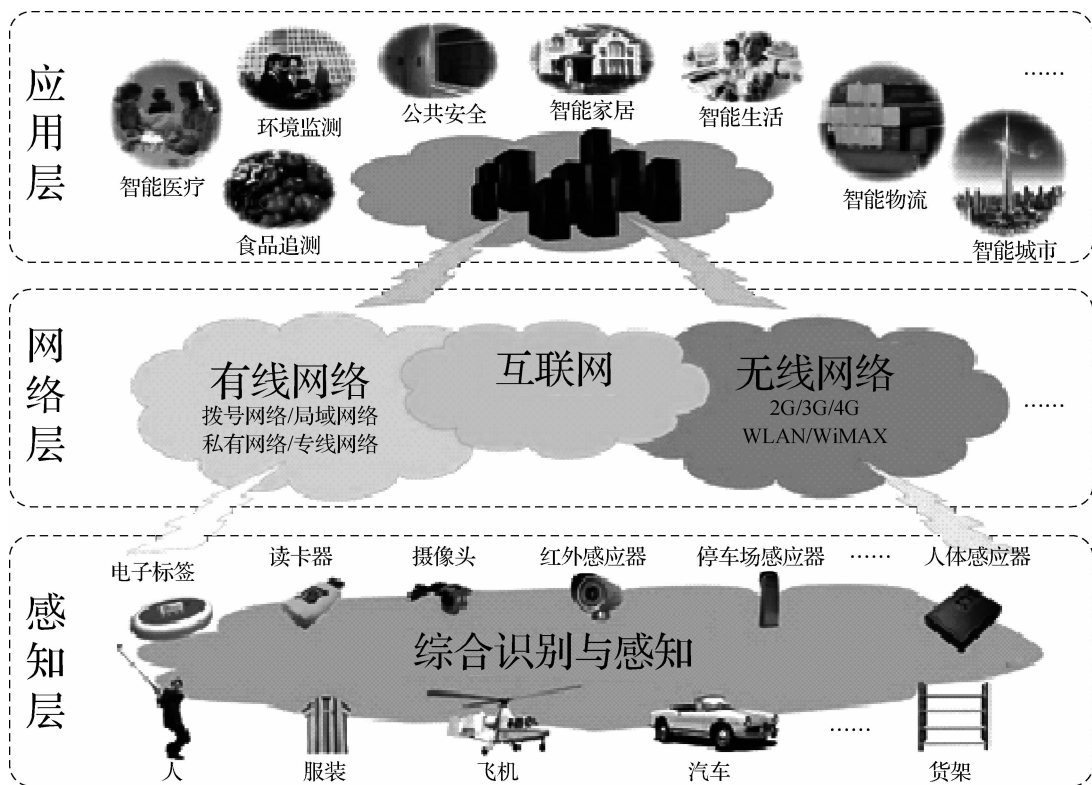


图 1-1 物联网体系结构

在物联网体系架构中,三层的关系可以这样理解,即感知层相当于人体的皮肤和五官,网络层相当于人体的神经中枢和大脑,应用层相当于人的社会分工。具体描述如下。

感知层是物联网的“皮肤和五官”——识别物体,采集信息。感知层包括二维码标签和识读器、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS 等,主要作用是识别物体,采集信息,与人体结构中皮肤和五官的作用相似。

网络层是物联网的“神经中枢和大脑”——信息传递和处理。网络层包括通信与互联网的融合网络、网络管理中心和信息处理中心等,主要作用是将感知层获取的信息进行传递和处理,类似于人体结构中的神经中枢和大脑。

应用层是物联网的“社会分工”——与行业需求结合,实现广泛智能化。应用层是物联网与行业专业技术的深度融合,主要作用是与行业需求结合,实现行业智能化,这类似于人的社会分工,最终构成人类社会。

在各层之间信息不是单向传递的,也有交互、控制等,所传递的信息多种多样,这其中关键是物品的信息,包括在特定应用系统范围内能唯一标识物品的识别码和物品的静态与动态信息。

一、感知层功能和技术

物联网与传统网络的主要区别在于物联网扩大了传统网络的通信范围,即物联网不仅局限于人与人之间的通信,还扩展到人与物、物与物之间的通信。

1. 感知层功能

物联网中的“物”并不是自然物品,而是要满足一定的条件才能够被纳入物联网的范围,例如,有相应的信息接收器和发送器、数据传输通路、数据处理芯片、操作系统、存储空间等,遵循物联网的通信协议,在物联网中有可被识别的标识。可以看到现实世界的物品未必能满足这些要求,这就需要特定物联网设备的帮助才能满足以上条件,并加入物联网。物联网设备具体来说就是嵌入式系统、传感器、RFID 等。

物联网感知层解决的就是人类世界和物理世界的获取数据问题,包括各类物理量、标识、音频、视频数据。感知层处于三层架构的最底层,是物联网发展和应用的基础,具有物联网全面感知的核心能力。作为物联网的最基本一层,感知层具有十分重要的作用。

2. 感知层关键技术

具体来说,感知层综合了传感器技术、嵌入式计算技术、智能组网技术、分布式信息处理技术等,能够通过各类集成化微型传感器的协作实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息。通过嵌入式系统对信息进行处理,并通过随机自组织无线通信网络以多跳中继方式将所感知信息传送到接入层的基站节点和接入网关,最终到达用户终端,从而真正实现“无处不在”的物联网理念。

本节将对感知层涉及的主要技术,即传感器技术、物品标识技术(RFID 和二维码)进行概述。

1) 传感器技术

人是通过视觉、嗅觉、听觉及触觉等感觉来感知外界信息的,感知的信息输入大脑进



行分析判断和处理,大脑再指挥人做出相应的动作,这是人类认识世界和改造世界所必需的最基本能力。但是通过人的五官感知外界的信息非常有限,例如,人无法利用触觉来感知上千摄氏度的温度,也不可能辨别温度的微小变化,这就需要电子设备的帮助。同样,利用电子仪器如计算机控制的自动化装置来代替人的劳动时,计算机类似于人的大脑,而仅有大脑没有感知外界信息的五官显然是不够的,计算机也需要它们的“五官”——传感器。

传感器是一种检测装置,能感受到被测的信息,并能将感受到的信息按一定规律变换成电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求,它是实现自动检测和自动控制的首要环节。在物联网系统中,对各种参量进行信息采集和简单加工处理的设备被称为物联网传感器。传感器可以独立存在,也可以与其他设备以一体方式呈现,但无论哪种方式,它都是物联网中的感知和输入部分。在未来的物联网中,传感器及其组成的传感器网络将在数据采集前端发挥重要的作用。

传感器的分类方法多种多样,比较常用的有按传感器的物理量、工作原理、输出信号的性质三种方式分类。此外,按照是否具有信息处理功能分类的意义越来越重要,按照这种分类方式传感器可分为一般传感器和智能传感器。一般传感器采集的信息需要计算机进行处理;智能传感器带有微处理器,本身有采集、处理、交换信息的能力,具备数据精度高、高可靠性与高稳定性、高信噪比与高分辨力、强自适应性、低价格性能比等特点。

传感器是摄取信息的关键器件,它是物联网中不可缺少的信息采集手段,也是采用微电子技术改造传统产业的重要方法,对提高经济效益、科学研究与生产技术的水平有着举足轻重的作用。传感器技术水平高低不但直接影响信息技术水平,而且影响信息技术的发展与应用。目前,传感器技术已渗透到科学和国民经济的各个领域,在工农业生产、科学研究及改善人民生活等方面起着越来越重要的作用。

2) RFID 技术

RFID 是射频识别(radio frequency identification)的英文缩写,是 20 世纪 90 年代开始兴起的一种自动识别技术,它利用射频信号通过空间电磁耦合实现无接触信息传递并通过所传递的信息实现物体识别。RFID 既可以看做是一种设备标识技术,也可以归类为短距离传输技术,本书倾向于前者。RFID 是一种能够让物品“开口说话”的技术,也是物联网感知层的一个关键技术。在对物联网的构想中,RFID 标签中存储着规范而具有互用性的信息,通过有线或无线的方式把它们自动采集到中央信息系统,实现物品(商品)的识别,进而通过开放式的计算机网络实现信息交换和共享,实现对物品的“透明”管理。

RFID 系统主要由三部分组成,即电子标签(tag)、读写器(reader)和天线(antenna)。其中,电子标签芯片具有数据存储器,用于存储待识别物品的标识信息;读写器是将约定格式的待识别物品的标识信息写入电子标签的存储器中(写入功能),或在读写器的阅读范围内以无接触的方式将电子标签内保存的信息读取出来(读出功能);天线用于发射和接收射频信号,往往内置在电子标签或读写器中。

RFID 技术的工作原理是电子标签进入读写器产生的磁场后,读写器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(无源标签或被动标签),或者

主动发送某一频率的信号(有源标签或主动标签);读写器读取信息并解码后,送至中央信息系统进行有关数据处理。

由于 RFID 具有非接触、自动化程度高、耐用可靠、识别速度快、适应各种工作环境、可实现高速和多标签同时识别等优势,因此可广泛用于很多领域,如物流和供应链管理、门禁安防系统、道路自动收费、航空行李处理、文档追踪/图书馆管理、电子支付、生产制造和装配、物品监视、汽车监控、动物身份标识等。

3) 二维码技术

二维码(2-dimensional bar code)技术是物联网感知层实现过程中最基本和关键的技术之一。二维码也称为二维条码或二维条形码,二维码技术是用某种特定的几何形体按一定规律在平面上分布(黑白相间)的图形来记录信息的应用技术。从技术原理来看,二维码在代码编制上巧妙地利用构成计算机内部逻辑基础的“0”和“1”比特流的概念,使用若干与二进制相对应的几何形体来表示数值信息,并通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读以实现信息的自动处理。与 RFID 相比,二维码最大的优势在于成本较低,一条二维码的成本仅为几分钱,而 RFID 标签因其芯片成本较高,制造工艺复杂,所以价格较高。

二、网络层功能和技术

物联网的价值在什么地方? 主要在于网,而不在于物。感知只是第一步,但是如果没有一个庞大的网络体系,就不能对感知的信息进行管理和整合,那这个网络就没有意义。网络层就是对感知层感知的信息进行传输与处理的。

1. 网络层功能

物联网网络层是在现有网络的基础上建立起来的,它与目前主流的移动通信网、国际互联网、企业内部网、各类专网等网络一样,主要承担着数据传输的功能,特别是当三网融合后,有线电视网也能承担数据传输的功能。

在物联网中,要求网络层能够把感知层感知到的数据无障碍、高可靠性、高安全性地进行了传送,它解决的是感知层所获得的数据在一定范围内,尤其是远距离传输问题。同时,物联网网络层将承担比现有网络更大的数据量传输要求,面临更高的服务质量要求,所以现有网络尚不能满足物联网的需求,这就意味着物联网需要对现有网络进行融合和扩展,利用新技术以实现更加广泛和高效的互联功能。

由于广域通信网络在早期物联网发展中的缺位,早期的物联网应用往往在部署范围、应用领域等诸多方面有所局限,终端之间以及终端与后台软件之间都难以开展协同。随着物联网发展,建立端到端的全局网络将成为必然。

2. 网络层关键技术

由于物联网网络层是建立在 Internet 和移动通信网等现有网络基础上,除目前已经比较成熟的如远距离有线、无线通信技术和网络技术外,为实现“物物相连”的需求,物联网网络层将综合使用 IPv6、2G/3G、Wi-Fi 等通信技术,实现有线与无线的结合、宽带与窄带的结合以及感知网与通信网的结合。同时,网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网核心技术,包括物联网数据的存储、查询、分析、挖掘、理解以及基于感知数



据决策和行为的技术。

本节将对物联网依托的 Internet、移动通信网和无线传感器网络三种主要网络形态以及涉及的 IPv6、Wi-Fi 等关键技术进行介绍。

1) Internet

Internet, 中文译为因特网, 广义的因特网称为互联网, 是以相互交流信息资源为目的, 基于一些共同的协议, 并通过许多路由器和公共互联网连接而成, 它是一个信息资源和资源共享的集合。Internet 采用了目前最流行的客户机/服务器工作模式, 凡是使用 TCP/IP 协议, 并能与 Internet 中任意主机进行通信的计算机, 无论是何种类型, 采用何种操作系统, 均可看成是 Internet 的一部分, 可见 Internet 覆盖范围之广。物联网也被认为是 Internet 的进一步延伸。

Internet 将作为物联网主要的传输网络之一, 然而为了让 Internet 适应物联网大数据量 and 多终端的要求, 业界正在发展一系列新技术。其中, 由于 Internet 中用 IP 地址对节点进行标识, 而目前的 IPv4 受制于资源空间耗竭, 已经无法提供更多的 IP 地址, 所以 IPv6 以其近乎无限的地址空间将在物联网中发挥重大作用。引入 IPv6 技术, 使网络不仅可以为人类服务, 还将服务于众多硬件设备, 如家用电器、传感器、远程照相机、汽车等, 它将使物联网无所不在、无处不在地深入社会每个角落。

2) 移动通信技术

移动通信就是移动体之间的通信, 或移动体与固定体之间的通信。通过有线或无线介质将这些物体连接起来进行话音等服务的网络就是移动通信网。

移动通信网由无线接入网、核心网和骨干网三部分组成。无线接入网主要为移动终端提供接入网络服务, 核心网和骨干网主要为各种业务提供交换和传输服务。从通信技术层面看, 移动通信网的基本技术可分为传输技术和交换技术两大类。

在物联网中, 终端需要以有线或无线方式连接起来, 发送或者接收各类数据, 同时, 考虑到终端连接方便性、信息基础设施的可用性(不是所有地方都有方便的固定接入能力)以及某些应用场景本身需要监控的目标就是在移动状态下, 因此, 移动通信网络以其覆盖广、建设成本低、部署方便、终端具备移动性等特点将成为物联网重要的接入手段和传输载体, 为人与人之间通信、人与网络之间的通信、物与物之间的通信提供服务。

在移动通信网中, 当前使用比较广泛的接入技术有 3G 和 Wi-Fi。

3G 是指支持高速数据传输的第三代蜂窝移动通信技术, 3G 网络综合了蜂窝、无绳、集群、移动数据、卫星等各种移动通信系统的功能, 与固定电信网的业务兼容, 能同时提供话音和数据业务。3G 的目标是实现所有地区(城区与野外)的无缝覆盖, 从而使用户在任何地方均可以使用系统所提供的各种服务。3G 包括 CDMA2000、WCDMA、TD-SCDMA 和 WiMAX 等四种国际标准, 其中 TD-SCDMA 是第一个由中国提出的, 以我国知识产权为主的, 被国际上广泛接受和认可的无线通信国际标准。

Wi-Fi 全称 wireless fidelity(无线保真技术), 传输距离有几百米, 可实现各种便携设备(手机、笔记本电脑、PDA 等)在局部区域内的高速无线连接或接入局域网。Wi-Fi 是由接入点 AP(access point)和无线网卡组成的无线网络。主流的 Wi-Fi 技术无线标准有

IEEE 802.11b 及 IEEE 802.11g 两种,分别可以提供 11 Mb/s 和 54 Mb/s 两种传输速率。

3) 无线传感器网络

无线传感器网络(WSN)的基本功能是将一系列空间分散的传感器单元通过自组织的无线网络进行连接,从而将各自采集的数据通过无线网络进行传输汇总,以实现空间分散范围内的物理或环境状况的协作监控,并根据这些信息进行相应的分析和处理。

如果说 Internet 构成了逻辑上的虚拟数字世界,改变了人与人之间的沟通方式,那么无线传感器网络就是将逻辑上的数字世界与客观上的物理世界融合在一起,改变人类与自然界的交互方式。传感器网络是集成了监测、控制以及无线通信的网络系统。

三、应用层功能和技术

物联网最终目的是要把感知和传输来的信息更好地利用,甚至有学者认为,物联网本身就是一种应用,可见应用在物联网中的地位。

1. 应用层功能

应用是物联网发展的驱动力和目的。应用层的主要功能是把感知和传输来的信息进行分析 and 处理,做出正确的控制和决策,实现智能化的管理、应用和服务。应用层解决的是信息处理和人机界面的问题。

具体地讲,应用层将网络层传输来的数据通过各类信息系统进行处理,并通过各种设备与人进行交互。这一层也可按形态直观地划分为两个子层,一个是应用程序层,另一个是终端设备层。应用程序层进行数据处理,完成跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通,包括电力、医疗、银行、交通、环保、物流、工业、农业、城市管理、家居生活等,可用于政府、企业、社会组织、家庭、个人等领域,这正是物联网作为深度信息化网络的重要体现。终端设备层主要是提供人机界面,物联网虽然是“物物相连的网”,但最终是要以人为本的,还是需要人的操作与控制,不过这里的人机界面已远远超出现在人与计算机交互的概念,而是泛指与应用程序相连的各种设备与人的反馈。

物联网的应用可分为监控型(物流监控、污染监控)、查询型(智能检索、远程抄表)、控制型(智能交通、智能家居、路灯控制)、扫描型(手机钱包、高速公路不停车收费)等。目前,软件开发、智能控制技术发展迅速,应用层技术将会为用户提供丰富多彩的物联网应用,同时,各种行业和家庭应用的开发将会推动物联网的普及,也将给整个物联网产业链带来利润。

2. 应用层关键技术

物联网应用层能够为用户提供丰富多彩的业务体验,然而如何合理高效地处理从网络层传来的海量数据,并从中提取有效信息,是物联网应用层要解决的一个关键问题。下面将对应用层的 M2M 技术、用于处理海量数据的云计算技术等关键技术进行介绍。

1) M2M

M2M 是 machine-to-machine(机器对机器)的缩写,根据不同应用场景,往往也被解释为 man-to-machine(人对机器)、machine-to-man(机器对人)、mobile-to-machine(移动网络对



机器)、machine-to-mobile(机器对移动网络)。machine 一般特指人造的机器设备,而物联网(internet of things)中的 things 则是指更抽象的物体,范围也更广。例如,树木和动物属于 things,可以被感知、被标记,属于物联网的研究范畴,但它们不是 machine,不是人为事物,冰箱则属于 machine,同时也是一种 things。所以,M2M 可以看成是物联网的子集或应用。

M2M 是现阶段物联网普遍的应用形式,是实现物联网的第一步。M2M 业务现阶段通过结合通信技术、自动控制技术和软件智能处理技术,实现对机器设备信息的自动获取和自动控制。这个阶段通信的对象主要是机器设备,尚未扩展到任何物品,在通信过程中也以使用离散的终端节点为主,并且 M2M 的平台也不等于物联网运营的平台,它只解决了物与物的通信,解决不了物联网智能化的应用。所以,随着软件的发展,特别是应用软件的发展和中间件软件的发展,M2M 平台可以逐渐过渡到物联网的应用平台上。

M2M 将多种不同类型的通信技术有机地结合在一起,将数据从一台终端传送到另一台终端,也就是机器与机器的对话。M2M 技术综合了数据采集、GPS、远程监控、电信、工业控制等技术,可以在安全监测、自动抄表、机械服务、维修业务、自动售货机、公共交通系统、车队管理、工业流程自动化、电动机械、城市信息化等环境中运行并提供广泛的应用和解决方案。

M2M 技术的目标就是使所有机器设备都具备联网和通信能力,其核心理念就是网络一切(network everything)。随着科学技术的发展,越来越多的设备具有了通信和联网能力,网络一切逐步变为现实。M2M 技术具有非常重要的意义,有着广阔的市场和应用,将会推动社会生产方式和生活方式的新一轮变革。

2) 云计算

云计算(cloud computing)是分布式计算(distributed computing)、并行计算(parallel computing)和网络计算(grid computing)的发展,或者说是这些计算机科学概念的商业实现。云计算通过共享基础资源(硬件、平台、软件)的方法,将巨大的系统池连接在一起以提供各种 IT 服务,这样企业和个人用户无需再投入昂贵的硬件购置成本,只需要通过互联网来租赁计算力等资源。用户可以在多种场合利用各类终端,通过互联网接入云计算平台来共享资源。

云计算涵盖的业务范围一般有狭义和广义之分。狭义云计算指 IT 基础设施的交付和使用模式,通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的资源(硬件、平台、软件),提供资源的网络被称为云,云中的资源在使用者看来是可以无限扩展的,并且可以随时获取、按需使用、随时扩展、按使用付费,这种特性使之经常被称为像水电一样使用的 IT 基础设施。广义云计算指服务的交付和使用模式,通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的服务,这种服务可以是 IT 和软件、互联网相关的,也可以使用任意其他的服务。

云计算由于具有强大的处理能力、存储能力、带宽和极高的性价比,可以有效用于物联网应用和业务,也是应用层能提供众多服务的基础,它可以为各种不同的物联网应用提供统一的服务交付平台,可以为物联网应用提供海量的计算和存储资源,还可以提供统一的数据存储格式和数据处理方法。利用云计算大大简化了应用的交付过程,降低交付成

本,并能提高处理效率,同时,物联网也将成为云计算最大的用户,促使云计算取得更大的商业成功。

3) 数据挖掘

数据挖掘(data mining)是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的及随机的实际应用数据中,挖掘出隐含的、未知的、对决策有潜在价值的数据的过程。数据挖掘主要基于人工智能、机器学习、模式识别、统计学、数据库、可视化等技术,高度自动化地分析数据,进行归纳性的推理。数据挖掘一般分为描述型数据挖掘和预测型数据挖掘两种,描述型数据挖掘包括数据总结、聚类及关联分析等,预测型数据挖掘包括分类、回归及时间序列分析等。数据挖掘通过对数据的统计、分析、综合、归纳和推理,揭示事件间的相互关系,预测未来的发展趋势,为决策者提供决策依据。

在物联网中,数据挖掘只是一个代表性概念,它是一些能够实现物联网“智能化”、“智慧化”的分析技术和应用的统称。细分起来,包括数据挖掘和数据仓库(data warehousing)、决策支持(decision support)、商业智能(business intelligence)、报表(reporting)、ETL(数据抽取、转换和清洗等)、在线数据分析、平衡计分卡(balanced scoreboard)等技术和应用。

4) 中间件

中间件是为了实现每个小的应用环境或系统的标准化以及它们之间的通信,在后台应用软件和读写器之间设置的一个通用的平台和接口。在许多物联网体系架构中,经常把中间件单独划分一层,位于感知层与网络层或网络层与应用层之间。本书参照当前比较通用的物联网架构,将中间件临时划分到应用层。在物联网中,中间件作为其软件部分有着举足轻重的地位。物联网中间件是在物联网中采用中间件技术,以实现多个系统或多种技术之间的资源共享,最终组成一个资源丰富、功能强大的服务系统,最大限度地发挥物联网系统的作用。具体来说,物联网中间件的主要作用在于将实体对象转换为信息环境下的虚拟对象,因此数据处理是中间件最重要的功能,同时,中间件具有数据的搜集、过滤、整合与传递等特性,以便将正确的对象信息传到后端的应用系统。

物联网中间件的实现依托于中间件关键技术的支持,这些关键技术包括 Web 服务、嵌入式 Web、Semantic Web 技术、上下文感知技术、嵌入式设备及 Web of Things 等。

—— 问题与思考 ——

问题 1 物联网感知层的关键技术是什么?

思考:

.....

.....

.....

.....



问题 2 物联网网络层的关键技术是什么？

思考：.....
.....
.....
.....
.....

问题 3 物联网应用层的关键技术是什么？

思考：.....
.....
.....
.....
.....

模块二 物联网感知技术

模块导读

感知技术是物联网的关键技术，对应于物联网体系结构的感知层。感知层的主要功能是信息的自动采集与感知，主要是采集物理世界中发生的物理事件和数据，包括各类物理量，标识，音频、视频数据等，实现对物的全面感知。感知技术所涉及的内容主要包括传感器、RFID、嵌入式系统、实时定位、多媒体信息采集和二维码等技术，本模块主要针对感知技术的基本知识进行入门教学，使读者对物联网感知技术有个基本的认识和了解。



学习单元一 传感器技术

引言

在研究自然现象和规律时,人通过五官接受外界的信息(信息获取),经过大脑的思考(信息处理),做出反应动作(执行动作)。计算机控制自动化设备时也需要感知外部世界的信息,传感器则相当于计算机的五官,也称电五官。传感器是现代科学中负责感知的神经系统,完成机器的信息获取,与此同时也是人类对外部世界感知能力的一种延伸。感知是物联网的重要特征。

一、传感器概述

传感器定义为“能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用信号的输出器件或装置”。传感器实际上是一种功能块,是一种检测装置,其作用是能感受到被测量的信息,并将外界的各种信号转换成电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制的要求。同时,传感器所检测的信号形式多种多样,为了对各种信号进行检测和控制,就必须获得尽量简单和易于传输、处理的信号。由于电信号具有容易传输、放大、反馈、滤波、存储和控制的特性,因此一般将检测的信息按照一定规律变化成电信号。

传感器是实现自动检测和自动控制的首要环节,一般由三部分组成。

(1)敏感元件。敏感元件直接感受被测量对象(一般是非电量),并输出与被测量对象成确定关系的其他量(一般是电量)的元件。

(2)转换元件。转换元件又称传感元件,一般情况下它不直接感受被测量,而是将敏感元件的输出量转化为电量输出。

(3)信号转化电路。信号转化电路是指把传感元件输出的电信号转换为便于显示、记录、处理和控制的有用电信号的电路。

传感器属于信息采集系统,位于检测和控制之前,是感知、获取和检测的最前端。传感器技术在工业自动化、军事国防等重要领域应用广泛,同时,医疗卫生、环境保护、生物工程、安全防范、家用电器、网络家居等与人们生活密切相关的方面也都与传感器紧密相连。传感器技术正在向高精度、高集成、智能化方向发展,新型传感器层出不穷、日新月异,并将伴随物联网技术的应用而不断发展。

二、传感器的分类

传感器的种类很多,目前常用的分类方法有两种:一种是按照工作原理来分类,一种是按照被测量对象来分类。

1. 按照工作原理分类

传感器按照工作原理可分为电阻式、电容式、电感式、光电式、磁电式、热电式、压电式等。通常同一机理的传感器可以测量多种物理量,而同一被测物理量又可以采用多种不同类型的传感器来测量。

传感器按工作原理分类情况见表 2-1。

表 2-1 传感器按工作原理分类表

工作原理	传感器举例
变电阻	电位器式、应变式、压阻式、光敏式、热敏式
变电容	电容式、湿敏式
变磁阻	电感式、差动变压器式、涡流式
变电荷	压电式
变电势	霍尔式、感应式、热电偶式
变谐振频率	振动膜式

下面简单介绍几种常见传感器。

1) 电阻应变式传感器

电阻应变式传感器的基本原理是将被测的非电量转换成电阻值的变化,再经过转换电路变成电量输出,实现方法是将电阻应变片粘贴在弹性元件表面上,当力、扭矩、速度、加速度等物理量作用在弹性元件上时,会导致弹性元件和粘贴的电阻应变片发生应变效应,进而引起电阻应变片电阻的变化。

电阻应变片简称应变片,是一种能够将机械构件上应变的变化转换为电阻变化的传感件,其转换原理是基于金属电阻丝的电阻应变效应。应变效应是指金属丝在外力作用下发生机械变形时,其电阻值发生变化的现象。

2) 压电式传感器

压电式传感器是利用某些物质的压电效应制作的,当被测量物因为受力而产生变化时,传感器能够产生静电电荷或电压变化。

压电效应是指某些介质,当沿着一定方向施加力使之变形,介质内部产生极化现象,同时在表面上产生符号相反的电荷,外力去掉后恢复不带电状态的现象。

大多数晶体都具有压电效应,其中石英晶体是性能比较好的材料,被广泛应用于电子信息产业各领域,如家电、无线电通信等。

压电式力传感器是利用压电元件直接实现力电转换的传感器,在拉力、压力测量时,通常较多采用双片或多片石英晶片作为压电元件,特点是刚度大、测量范围宽、线性好。压电式力传感器按照测力状态可分为单向、双向和三向传感器,它们结构基本一致,都是通过弹性膜、盒等,收集压力并转换成力,再传递给压电元件。

压电式加速度传感器又称为压电加速度计,它是利用某些物质如石英晶体的压电效应,在加速度计受振动力作用时,加在压电元件上的力也随之变化,当被测物振动频率远低于加速度计的固有频率时,则力的变化与被测加速度成正比。

3) 热电式传感器

热电式传感器是一种将温度的变化转换成电量变化的装置,它利用敏感元件的电参数随温度变化的特性,对温度和与温度有关的参量进行测量,是众多传感器中应用最广泛、发展最快的传感器之一。

热电式传感器所基于的物理原理主要包括热电效应、热阻效应、热辐射、导磁率随温度变化的特性等,因此按照工作原理进一步划分,可将热电式传感器分为热敏电阻、热电偶、PN 结型测温传感器、辐射高温计等。下面主要介绍热敏电阻。



热敏电阻是最常见的温度检测元件之一,优点是测量精度高,种类多,发展较成熟。热敏电阻由一种半导体材料制成,特点是电阻随温度变化而显著变化,能直接将温度的变化转换为电量的变化。

热敏电阻是利用半导体的电阻值随温度变化这一特性制成的一种热敏元件。热敏电阻的导电性能主要是由内部的载流子(电子和空穴)密度和迁移率所决定,当温度升高时外层电子在热激发下,大量成为载流子,载流子的密度大大增加,活动能力加强,从而导致其阻值急剧下降。

按照电阻的阻值随温度变化的情形,可将热敏电阻分为以下三类。

(1)电阻阻值随温度的上升而减小的负温度系数热敏电阻(negative temperature coefficient, NTC),它的主要材料是过渡金属氧化物半导体陶瓷。

(2)电阻阻值随温度的上升而增加的正温度系数热敏电阻(positive temperature coefficient, PTC),主要材料是掺杂的半导体陶瓷。

(3)临界温度系数热敏电阻(critical temperature coefficient, CTR),它的电阻阻值在特定的温度范围内随温度升高而降低3~4个数量级,主要材料是二氧化钒并添加一些金属氧化物,可组成理想的控制开关。

在温度测量中,主要采用的是 NTC 和 PTC,尤其是 NTC 较为常用。

热敏电阻主要用作检测元件和电路元件。热敏电阻在温度计、温度补偿、湿度计、分子量测定、液位报警、流速计、气体分析仪、真空计等仪器仪表中作检测元件,在偏置线圈的温度补偿、仪表温度补偿、热电偶温度补偿、晶体管温度补偿、恒压电路、延迟电路、保护电路、自动增益控制电路、RC 振荡电路、振幅稳定电路等电路中用作电路元件。

4) 光电式传感器

光电式传感器是利用光电器件把光信号转换成电信号的装置。光电式传感器工作时首先把被测量的变化转换成光量的变化,然后通过光电器件再把光量的变化转换为相应电量的变化,从而实现非电量的测量。光电式传感器的敏感元件是光电器件。

光电式传感器的工作原理基于光电效应。光电效应是指物体吸收了光能后,光能转换为该物体中某些电子的能量,从而产生的电效应。光电效应分为外光电效应和内光电效应两大类。能产生光电效应的器件称为光电效应器件,常见的有光敏电阻、光电池和光敏晶体管等。下面主要介绍光敏电阻。

光敏电阻是利用硫化镉或硒化镉等半导体材料制成的特殊电阻器,表面涂有防潮树脂,具有光电导效应。光敏电阻对光线十分敏感,在无光照时,电阻值(暗电阻)很大。当光敏电阻受到一定波长范围的光照时,它的阻值(亮电阻)急剧减小,这种特性可以应用在光控器件,实现对设备的自动化控制。如光电式传感器的一个应用是烟尘浊度监测仪,通过光在烟道里传输过程中的变化大小来检测烟道里的烟尘浊度,如果烟道浊度增加,光源发出的光被烟尘颗粒的吸收和折射增加,到达光检测器的光减少,因而光检测器输出信号的强弱便可反映烟道浊度的变化。另外,光电式传感器也应用于光电式转速传感器、光电式液位传感器、无触点式路灯控制电路等。

5) 磁电式传感器

磁电式传感器是对磁场参量敏感的元器件,具有把磁物理量转换成电信号的功能。在磁电式传感器中,主要利用的是霍尔效应和磁阻效应。磁电式传感器主要分为三类:霍尔元

件、磁敏电阻、磁敏二极管和三极管,其中霍尔元件的应用量最大。

霍尔元件的工作原理是基于霍尔效应。霍尔效应是指磁场作用于载流金属导体、半导体中的载流子时,产生横向电位差的物理现象,输出的稳定电势差即霍尔电压。根据霍尔效应原理制成的霍尔元件,可用于磁场和功率测量,也可制成开关元件。

磁敏电阻是基于磁阻效应的磁敏元件。将一载流导体置于外磁场中,其电阻会随着磁场的变化而变化,这种现象称为磁阻效应。磁敏电阻的应用范围比较广,可以利用它制成磁场探测仪、位移和角速度检测器、安培计以及磁敏交流放大器等。

磁敏二极管是 PN 结型的磁电转换元件,在磁场强度的变化下电流也发生变化,具有输出信号大、灵敏度高、工作电流小和体积小等特点,因此,适合磁场、转速、探伤等方面的检测和控制。

磁敏三极管与磁敏二极管一样,是 PN 结型的磁电转换元件。磁敏三极管在正、反向磁场作用下,其集电极电流出现明显的变化。这样就可以利用磁敏三极管来测量弱磁场、电流、转速、位移等物理量。磁敏三极管的应用领域与磁敏二极管相似,主要用于测量磁场、大电流、磁力探伤、接近开关、程序控制、位置控制、转速测量和各种工业工程自动控制等技术领域。

6) 光纤传感器

光纤传感器一般由光源、光导纤维、光传感器元件、光调制机构和信号处理器等部分组成。光纤传感器的工作原理是光源发出的光经光导纤维进入光传感元件,而在光传感元件中受到周围环境场的影响而发生变化的光再进入光调制机构,由其将传感元件检测的参数调制成幅度、相位、偏振等信息,这一过程也称为光电转换过程,最后利用微处理器如频谱仪等进行信号处理。光纤传感器具有强抗干扰性,所以应用范围很广,尤其适用于恶劣环境,具有很大的市场需求。例如,在石油化工系统、矿井、大型电厂等需要检测氧气、碳氢化合物、一氧化碳等气体的场所,采用传统的传感器不但达不到要求的精度,而且易引起安全事故,光纤气敏传感器可以安全有效地实现上述检测。

2. 按照被测量对象分类

传感器按照被测量对象可以分为温度传感器、力传感器、湿度传感器、速度和加速度传感器、流量传感器、位移传感器、气体传感器、声音传感器、磁场传感器、光敏传感器、色彩传感器、红外传感器等。

传感器按被测量对象分类见表 2-2。

表 2-2 传感器按被测量对象分类表

基本被测量	派生的被测量
热工量	温度、热量、比热、压力、压差、真空度、流量、流速、风速
机械量	位移、尺寸、形状、力、应力、力矩、振动、加速度、噪声、角度、表面粗糙度
物理量	黏度、温度、密度
化学量	气体化学成分、液体化学成分、浓度、盐度
生物量	心音、血压、体温、气流量、心电流、眼压、脑电波
光学量	光强、光通量



下面简单介绍两种常见传感器。

1) 温度传感器

温度传感器用来测量冷却水的温度、进水温度和排气温度等。

2) 气体传感器

气体传感器是一种将气体的成分、浓度等信息转换成可以被人、仪器仪表、计算机等利用的信息的装置。气体传感器包括半导体气体传感器、电化学气体传感器、催化燃烧式气体传感器、热导式气体传感器、红外线气体传感器等。

3. 其他分类方法

传感器按照输出量可以分为模拟式传感器、数字式传感器等,按照工作效应可以分为物理传感器、化学传感器、生物传感器等,按照能量关系可以分为能量转化型、能量控制型传感器等。

不管是哪一种分类方法,对于传感器来说,都有以下几项基本要求。

(1) 足够的容量。传感器的工作范围或量程足够大,具有一定的过载能力。

(2) 灵敏度高,精度适当。传感器的输出信号与被测信号成确定的关系,通常为线性关系,并且比值要尽量大;传感器的静态响应与动态响应的准确度能满足要求。

(3) 响应速度快,工作稳定,可靠性好。

(4) 使用性和适应性强。传感器的体积小,重量轻,动作能量小,对被测对象的状态影响小;内部噪声小而又不易受外界干扰的影响;输出力求采用通用或标准形式,以便与系统对接。

(5) 使用经济。传感器的成本低,寿命长,便于使用、维修和校准。

三、传感器在物联网中的应用

作为物联网数据的输入端,传感器在物联网中的位置至关重要。物联网实现物物相连,首先要检测和连接所有事物,实现信息共享,传感器正是实现物联网对事物感知和检测功能的器件。在物联网应用中,几乎都是基于传感器技术的例子。利用传感器、无线通信、计算机等技术对智能楼宇的控制,首先就需要红外传感器、温度传感器、湿度传感器、火焰传感器、气体传感器等,通过部署传感器节点,实现对整个楼宇的监控和管理。在智能交通领域,通过部署视频摄像头、压电传感器、雷达等感知设备,对交通动态信息进行采集,从而实现对交通的实时控制与指挥管理。在医疗领域,电子健康记录将在卫生保健方面发挥重要作用,过去这些记录需要人工输入,效率低并且容易出错,制约了数据本身的精确度和数据整合的规模效应;通过患者身边的传感器直接感知患者身份和生命体征信息,可以很好地实现信息的自动采集和汇总工作;传感器依靠物联网功能实现信息的实时反馈和共享,提高了医疗服务水平;患者的生活习惯和个人健康史,可以不必依靠患者填写,传感器可以在之前的监控过程中更准确地自动记录、汇总和上报,供医生诊断分析;联网的医疗信息整合了数万名患者的治疗效果,将更加有利于医疗机构分析问题并给出最理想的治疗方法,对医疗信息化将是极大的促进。

总之,传感器是物联网获取信息的节点,没有了传感器就没有了信息,物联网也就成了无源之水,因此,传感器在物联网中的作用十分重要,传感器技术的进步也极大促进了物联网技术的发展。

四、传感器发展新趋势

随着现代科学技术的发展,特别是微电子技术、制造工艺和信息产业的飞速进步,传感器技术在新技术革命中的地位日益突出,发展主要呈现以下几个新趋势。

1. 集成化

传感器的集成化包括两种含义:一是同一功能的元器件并列化,即将同一类型的单个传感器元件用集成工艺在同一平面上排列起来,组成一维的线性传感器;二是将传感器与放大、运算以及温度补偿等环节一体化,集成一个器件。

目前,集成化传感器已经具备多个系列的产品,并得到了广泛的应用。集成化已经成为传感器技术发展的一个重要方向。

2. 多功能化

把多个功能不同的传感器集成在一起,除了可以同时测量多种参数外,还可以对这些参数的测量结果进行综合处理和整合,以反映被测系统的整体状态。传感器的多功能化也是其发展方向之一。

3. 智能化

传感器与微处理器相结合,使之不仅具有检测功能,还具有信息处理、逻辑判断、自我诊断和思维等人工智能,被称为传感器的智能化。智能传感器是传感器技术和大规模集成电路技术相结合的产物,它的实现取决于传感技术与半导体集成工艺的发展。智能传感器具有多功能、高性能、体积小、使用方便、适合批量生产等优点,是传感器发展的重要方向。

智能传感器具有判断、学习的能力,大致分为三种,即具有判断能力的敏感装置、具有学习能力的敏感装置和具有创造能力的敏感装置。

从组成结构上看,智能传感器是一个典型的以微处理器为核心的计算机检测系统。同一般传感器相比,智能传感器具有以下显著特点。

(1)精度高。由于智能传感器具有信息处理功能,因此通过软件可以修正各种确定性系统误差(如传感器输入输出的非线性误差、温度误差、零点误差等),还可以适当地补偿随机误差,降低噪声,从而使传感器的精度大大提高。

(2)功能全。智能传感器可以实现多传感器、多参数综合测量,扩大测量与使用范围,而且可以有多种输出形式。

(3)稳定可靠。智能传感器具有自诊断、自校准和数据存储功能,对于智能结构系统有自适应功能。

(4)检测便捷。智能传感器有一定的可编程自动化能力,可根据检测对象或条件的改变,方便地改变量程及输出数据的形式等,输出数据可直接送入远程计算机进行处理。

(5)性价比高。在相同精度条件下,多功能智能传感器与单一功能的普通传感器相比,其性价比高,尤其是采用便宜的单片机之后优势更加明显。



问题与思考

问题 1 按工作原理分类,常见的传感器有哪些?

思考:

问题 2 在物联网中传感器的作用是什么?

思考:

学习单元二

RFID 技术

引言

RFID 是一种非接触式的自动识别技术,在了解 RFID 技术之前,先要了解一下自动识别技术,自动识别技术包括条形码技术、卡识别技术、光学字符识别技术、生物特征识别技术等。一般来讲,RFID 射频识别系统包括电子标签、天线和读写器。

一、常见自动识别技术

自动识别技术就是应用一定的识别装置,通过被识别物品和识别装置之间的接近活动,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。商场的条形码扫描系统就是一种典型的自动识别技术,售货员通过扫描仪扫描商品的条形码,获取商品的名称、价格,输入数量,后台 POS 系统即可计算出该批商品的价格,从而完成结算。在早期信息系统,相当部分数据都是人工输入,这样的原始方法劳动强度大,而且数据误码率较高,实时性差。为了解决这些问题,人们研究和开发了各种各样的自动识别技术,将人们从繁重的重复性劳动中解放出来,提高了系统信息的实时性和准确性,从而为生产的实时调整、财务的及时总结以及决策的正确制定提供正确的参考依据。

自动识别技术近几十年在全球范围内得到了迅速发展,初步形成了一个包括条形码技术、光学字符识别技术、卡识别技术、声音识别及视觉识别技术等集计算机、光、磁、物理、机

电、通信技术为一体的高新技术学科。

1. 条形码识别技术

条形码是日常生活中经常会看到的一种自动识别技术,也是迄今为止最经济、实用的一种自动识别技术。条形码技术是随着计算机与信息技术的发展和应用而诞生的,它是集编码、印刷、识别、数据采集和处理于一身的新型技术。

条形码可以标出物品的生产国、制造厂家、商品名称、生产日期、图书分类号、邮件起止地点、类别、日期等许多信息,因而在商品流通、图书管理、邮政管理、银行系统等许多领域都得到了广泛的应用。各种条形码如图 2-1 所示。

条形码可分为一维条形码和二维条形码。一维条形码按照应用可分为商品条形码和物流条形码。商品条形码包括 EAN 码和 UPC 码,物流条形码包括 128 码、ITF 码、39 码、库德巴码等。二维条形码根据构成原理、结构形状的差异,可分为行排式二维条形码(2D stacked bar code)和矩阵式二维条形码(2D matrix bar code)。行排式二维条形码编码建立在一维条形码基础之上,按需要堆积成两行或多行,它在编码设计、校验原理、识读方式等方面继承了一维条形码的一些特点,识读设备与条形码印刷与一维条形码技术兼容,但由于行数的增加,需要对行进行判定,其译码算法与软件不完全与一维条形码相同。矩阵式二维条形码是在一个矩形空间通过黑、白像素在矩阵中的不同分布进行编码,在



图 2-1 各种条形码

矩阵相应元素位置上,用点(方点、圆点或其他形状)的出现表示二进制“1”,用点的不出现在表示二进制“0”,点的排列组合确定了矩阵式二维条形码所代表的意义。矩阵式二维条形码是建立在计算机图像处理技术、组合编码原理等基础上的一种新型图形符号自动识读处理码制。

条形码的最大优势是成本低,缺点是只读的,并且需要对准,一次只能读一个,容易破损和被仿冒。而 RFID 是可擦写的,使用时不需对准,同时可以读取多个,不容易损坏,使用寿命长,不容易仿冒。从长远发展看,条形码技术将逐步被 RFID 技术所取代。

2. 光学字符识别技术

光学字符识别(optical character recognition, OCR)是指对文本资料进行扫描,然后对图像文件进行分析处理,获取文字及版面信息的过程。光学字符识别已有 30 多年历史,近几年又出现了图像字符识别(image character recognition, ICR)和智能字符识别(intelligent character recognition, ICR),实际上这三种自动识别技术的基本原理大致相同。

光学字符识别技术识别过程包括图像输入、预处理,版面分析,字符切割,字符识别,版面恢复,后处理、校对。

光学字符识别技术有三个重要的应用领域,即办公自动化中的文本输入、邮件自动处理以及与自动获取文本过程相关的其他领域。这些领域包括零售价格识读,订单数据输入,单证、支票和文件识读,微电路及小件产品的状态及批号特征识读等。基于光学字符识别技术在识别手迹特征方面的进展,目前正探索其在手迹分析及鉴定签名方面的应用。



3. 卡识别技术

1) 磁卡识别技术

磁卡是一种磁记录介质卡片,磁卡根据其矫顽磁力可分为低亢磁卡和高亢磁卡,卡体材料有普通 PVC、透明 PVC 或 PET、ABS、PETG 等。磁条划分为 3 个磁道,按 ISO 7811 国际标准规定,1、2、3 磁道可被编码的最多字符数分别为 79、40、107 个,其中包括起始和结束标记。通常,磁卡的一面印刷有说明提示性信息,如插卡方向,另一面则有磁层或磁条。磁条是一层薄薄的由排列定向的铁性氧化粒子组成的材料(也称为颜料),用树脂黏合剂严密地黏合在一起,并黏合在诸如纸或塑料这样的非磁基片媒介上。

按照电磁学理论,可把磁性体假定是由许多非常细小的磁畴所构成的。磁畴的体积很小,每一个磁畴本身相当于一块小小的永久磁铁。磁性体在未经磁化的情况下,磁畴的排列是杂乱无章的,这时,彼此的磁性互相抵消,就整体来说,对外并不显示磁性。如果使磁性体外面的线圈通上电流,磁性体由于处于磁场内,磁畴受到磁化力的影响,就产生一种趋向于统一排列的趋势,如外部磁化力不够强,磁畴排列的方面还不能完全一致,彼此互相抵消磁力的现象不能完全消除,磁性体对外所显示的磁性还不能达到最大值。如果使磁性体磁化强度再增加,磁畴的排列就更趋整齐,这时磁性体的磁性达到最大值。此后,尽管再增加线圈的电流,磁性体也不会有更大的磁性。换句话说,磁性体在此时的磁力线已经达到饱和的程度。当外界的磁场消失,磁性体磁畴的排列仍保持整齐的状态,这就是永久磁体。

记录磁头由内有空隙的环形铁芯和绕在铁芯上的线图构成。磁卡是由一定材料的片基和均匀地涂布在片基上面的微粒磁性材料制成的。在记录时,磁卡的磁性面以一定的速度移动,或记录磁头以一定的速度移动,并分别和记录磁头的空隙或磁性面相接触。磁头的线圈一旦通上电流,空隙处就产生与电流成比例的磁场,于是磁卡与空隙接触部分的磁性体就被磁化。如果记录信号电流随时间而变化,则当磁卡上的磁性体通过空隙时(因为磁卡或磁头是移动的),便随着电流的变化而不同程度地被磁化。磁卡被磁化之后,离开空隙的磁卡磁性层就留下相应于电流变化的剩磁。磁卡和读卡设备如图 2-2 所示。

磁卡工作原理:磁卡上面剩余磁感应强度在磁卡工作过程中起着决定性的作用,磁卡以一定的速度通过装有线圈的工作磁头,磁卡的外部磁力线切割线圈,在线圈中产生感应电动势,从而传输了被记录的信号。当然,也要求在磁卡工作中被记录信号有较宽的频率响应、较小的失真和较高的输出电平。

磁卡的应用范围十分广泛,例如,银行证券和保险行业有 ATM 卡、提款卡、借记卡、转账卡、储值卡、联名卡、商务卡、社会保险卡、证券交易卡等;零售服务行业有购物卡、现金卡、会员卡、礼品卡、订购卡、折扣卡、积分卡等;交通旅游行业有汽车保险卡、旅游卡、房间卡锁、护照卡、停车卡、高速公路付费卡等;医疗行业有门诊卡、健康检查卡、捐血卡、诊断图卡、血型卡、健康记录卡等;特种证件有身份识别证卡、暂住证卡、印鉴登记卡、免税卡等;教育行业有图书卡、学生证、成绩卡等;娱乐行业有卡拉 OK 卡、娱乐卡、戏院卡等;其他行业有进出管制卡、工作卡、个人记录卡、家庭安全卡等。



图 2-2 磁卡和读卡设备

2) IC 卡识别技术

集成电路卡(integrated circuit card, IC),有些国家和地区也称智能卡(smart card)、智慧卡(intelligent card)、微电路卡(microcircuit card)或微芯片卡等。通常说的 IC 卡多数是指接触式 IC 卡,它是将一个微电子芯片嵌入符合 ISO 7816 标准的卡基中,制成卡片形式。IC 卡是继磁卡之后出现的又一种新型信息工具。IC 卡与磁卡是有区别的,IC 卡是通过卡里的集成电路存储信息,而磁卡是通过卡内的磁力记录信息。IC 卡的成本一般比磁卡高,但保密性更好。IC 卡如图 2-3 所示。

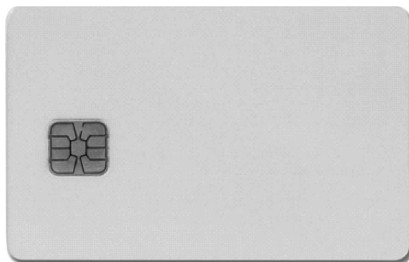


图 2-3 IC 卡

IC 卡读写器是 IC 卡与应用系统间的桥梁,在 ISO 国际标准中称之为接口设备(interface device, IFD)。IFD 内 CPU 通过一个接口电路与 IC 卡相连并进行通信。IC 卡接口电路是 IC 卡读写器中至关重要的部分,根据实际应用系统的不同,可选择并行通信、半双工串行通信和 I2C 通信等不同的 IC 卡读写芯片。

IC 卡具有以下优点。

- (1)存储容量大。
- (2)安全保密性好,不容易被复制。
- (3)CPU 卡具有数据处理能力。
- (4)使用寿命长,可以重复充值。
- (5)IC 卡具有防磁、防静电、防机械损坏和防化学破坏等能力,信息保存年限长,读写次数在数万次以上。
- (6)IC 卡能广泛应用于金融、电信、交通、商贸、社保、税收、医疗、保险等方面,几乎涵盖所有的公共事业领域。

IC 卡的开发、研制与应用是一项系统工程,涉及计算机、通信、网络、软件、卡的读写设备等多种产品领域的多种技术学科,因此,全球 IC 卡产业在技术、市场及应用的竞争中迅速发展起来。IC 卡已是当今国际电子信息产业的热点产品之一,除了商业、医疗、保险、交通、能源、通信、安全管理、身份识别等非金融领域得到广泛应用外,在金融领域的应用也日益广泛,影响十分深远。IC 卡虽然进入中国较晚,但在政府的大力支持下,发展迅速。1995 年底,国家金卡工程协调领导小组办公室(以下简称金卡办)为统筹规划全国 IC 卡的应用,组织拟定了金卡工程非银行卡应用总体规划。为保证 IC 卡的健康发展,在国务院金卡办的领导下,中华人民共和国工业和信息化部、公安部、卫生部、国家工商管理局等各个部委纷纷制定了 IC 卡在本行业的发展规划。

4. 生物特征识别技术

生物特征识别技术(biometric identification technology)是指利用人体生物特征进行身份认证的一种技术。具体地讲,生物特征识别技术就是通过计算机与光学、声学、生物传感器和生物统计学原理等科技手段密切结合,利用人体固有的生理特性和行为特征来进行个人身份的鉴定。

在当今信息化时代,如何准确鉴定一个人的身份,保护信息安全,已成为一个必须解决的关键社会问题。传统的身份认证由于极易伪造和丢失,越来越难以满足社会的需求,目前



最为便捷与安全的解决方案无疑就是生物特征识别技术,它不但简洁快速,而且利用它进行身份认定,安全、可靠、准确,同时更易于配合电脑和安全、监控、管理系统整合,实现自动化管理。由于生物特征识别技术广阔的应用前景、巨大的社会效益和经济效益,已引起各国的广泛关注和高度重视。

每个个体都有唯一的可以测量或可自动识别和验证的生理特性或行为方式,即生物特征。生物特征可划分为生理特征(如指纹、面相、虹膜、掌纹等)和行为特征(如步态、声音、笔迹等),生物特征识别就是依据每个个体之间独一无二的生物特征对其进行识别与身份认证。

生物特征识别系统是对生物特征进行取样,提取其唯一的特征并且转化成数字代码,并进一步将这些代码组合而成的特征模板。人们同识别系统交互进行身份认证时,识别系统获取其生物特征并与数据库中的特征模板进行比对,以确定是否匹配,从而决定接受或拒绝该人。

在目前的研究与应用领域中,已被用于生物特征识别的生理特征有手形、指纹、脸形、虹膜、视网膜、脉搏、耳郭等,行为特征有签字、声音、按键力度等,甚至还有 DNA 识别等多种生物特征识别技术,但相关市场上占有率最高的仍是指纹识别和手形识别,并且这两种识别方式也是目前技术发展中最成熟的。

1) 指纹识别

指纹识别已被全球大部分国家政府接受与认可,已广泛地应用到政府、军队、银行、社会福利保障、电子商务和安全防卫等领域。在我国,北京北大高科指纹技术有限公司等机构对指纹识别技术的研究开发已可与国际先进技术抗衡,中国科学院的北京汉王科技有限公司在一对多指纹识别算法上取得重大进展,达到的性能指标中拒识率小于 0.1%,误识率小于 0.000 1%,居国际先进水平。指纹识别技术在我国已经得到较广泛的应用,随着网络的更加普及,指纹识别的应用将更加广泛。指纹读取器如图 2-4 所示。



图 2-4 指纹读取器

2) 人脸识别

人脸识别的实现包括面部识别(多采用“多重对照人脸识别法”,即先从拍摄到的人像中找到人脸,从人脸中找出对比最明显的眼睛,最终判断包括两眼在内的领域是不是想要识别的面孔)和面部认证(“摄动空间法”,即利用三维技术对人脸侧面及灯光发生变化时的人脸进行准确预测;“适应领域混合对照法”,使得对部分伪装的人脸也能进行识别),基本实现了快速而高精度的身份认证。由于人脸识别属于非接触型认证,仅仅看到脸部就可以实现很多应用,因而可被用在证件中的身份认证、重要场所中的安全检测和监控、智能卡中的身份认证、计算机登录等不同的安全领域。随着网络技术和桌上视频的广泛采用,电子商务等网络资源的利用对身份验证提出的新要求,依托于图像理解、模式识别、计算机视觉和神经网络等技术的人脸识别技术在一定应用范围内已获得了成功。目前国内人脸识别技术在警用等安全领域用得比较多,也被用在一些中高档相机的辅助拍摄方面(如人脸识别拍摄)。

3) 皮肤芯片

皮肤芯片通过把红外光照进一小块皮肤并通过测定反射光波长来确认人的身份,其理论基础是每个人的皮肤都有其特有的标记。由于皮肤具有个性和专一特性,这些都会影响光的反射波长。目前 Lumidigm 公司开发了一种包含两种电子芯片的系统,第一个芯片用光反射二极管照射皮肤的一小部分,然后收集反射回来的射线,第二个芯片处理由照射产生的“光印”(light print)标识信号。相对于指纹识别和人面识别所采用的采集原始形象并仔细处理大量数据,然后从中抽提出所需特征的生物统计学方法,光印不依赖于形象处理,使得设备只需较少的计算能力。

4) 步态识别

步态识别技术还处在发展的初期阶段,面临许多艰难的挑战。步态识别的理论基础是每个人以相同的方式生活,但是都有自己专一的步态,其工作原理是收集人体语言并把它转化为计算机能识别的数字。一种方法是通过建立每个人的“运动信号”来识别,通过拍摄人走路或跑步的方法开始研究每个人的运动信号,再利用计算机上的模拟照相机捕捉和储存这一运动行为(用软件工具除去冗余,最终只以数字形象储存物体的一系列轮廓),把一个人的整个走路过程拍摄下来,指令计算机就能根据储存的形象确定这个人的身份。另一种方法则是使用结构分析方法去测定一个人的跨步和腿伸展特性。迄今为止,这两种技术所有的数据库形象都是二维的,并很大程度上取决于照相机拍摄的角度。

5) 虹膜识别

个体的虹膜结构独一无二,不具遗传性(即使同卵双胞胎的虹膜也各不相同),并且自童年以后便基本不再变化,非常适合应用于生物特征识别。有统计数据表明,到目前为止,虹膜识别的错误率是各种生物特征识别中最低的。

此外,应用广泛的还有笔迹识别、语音识别、红外温谱图、DNA 识别等其他生物特征识别方式。

生物特征识别技术是目前最为方便与安全的识别技术,它不需要记住复杂的密码,也不需要随身携带钥匙、智能卡之类的东西,生物特征识别技术认定的是人本身,这就直接决定了这种认证方式更安全、更方便。由于每个人的生物特征具有与其他人不同的唯一性和在一定时期内不变的稳定性,不易伪造和假冒,所以利用生物特征识别技术进行身份认定安全、可靠、准确。此外,生物特征识别技术产品均借助于现代计算机技术实现,很容易配合电脑和安全、监控、管理系统整合,实现自动化管理。

目前,生物特征识别技术在生活方面主要有三大应用方向:一是作为刑侦鉴定的重要手段,二是满足企业安全、管理上的需求(例如,物理门禁、逻辑门禁、考勤、巡更等系统,已经全面引入生物识别技术),三是自助式政府服务、出入境管理,金融服务、电子商务,信息安全(个人隐私保护)方面。

以上简单介绍了常见的几种自动识别技术,各种常见自动识别技术的主要特征如表 2-3 所示。下面将对 RFID 技术进行详细说明。



表 2-3 不同识别技术比较表

系统参数	条形码	OCR	IC 卡	生物特征识别	RFID
数据密度	低	低	很高	高	很高
机器可读性	好	好	好	昂贵	好
人可读	有限	简单	不可	简单	不可
污渍和潮湿的影响	很高	很高	可能(接触式)	根据具体技术	不影响
遮盖的影响	完全失效	完全失效	—	根据具体技术	不影响
方向和位置的影响	低	低	双向	—	不影响
退化和磨损	有限	有限	有(接触)	—	不影响
购买成本	很低	中	低	很高	中
运行成本	低	低	中(接触式)	无	无
安全	轻微	轻微	高	可能	高
阅读速度	慢	慢	较慢	较慢	快
阅读器和载体之间的最大距离	0~50 cm	<1 cm	直接接触	0~50 cm	0~5 m, 微波距离可以更远

二、RFID 技术概述

RFID 技术即射频识别技术,它是自动识别技术的一种。从概念上来讲,RFID 类似于条形码扫描,对于条形码技术而言,它是将已编码的条形码附着于目标物上,使用专用的扫描读写器利用光信号将信息由条形磁传送到扫描读写器;RFID 则使用专用的 RFID 读写器及专门可附着于目标物的 RFID 标签,利用频率信号将信息由 RFID 标签传送至 RFID 读写器。

RFID 技术是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境。RFID 技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便。手持式 RFID 读写器如图 2-5 所示。

最初在技术领域,应答器是指能够传输信息回复信息的电子模块,近些年,由于射频技术发展迅猛,应答器有了新的含义,又被称为智能标签或标签。RFID 阅读器(读写器)通过天线与 RFID 电子标签进行无线通信,可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的阅读器包含高频模块(发送器和接收器)、控制单元以及阅读器天线。



图 2-5 手持式 RFID 读写器

1. RFID 的特点

RFID 具有射频技术的特点,射频识别系统最重要的优点是非接触识别,它能穿透雪、雾、冰、涂料、尘垢和条形码无法使用的恶劣环境阅读标签,并且阅读速度极快,大多数情况下不到 100 ms。有源式射频识别系统的速写能力也是重要的优点,可用于流程跟踪和维修跟踪等交互式业务。

2. RFID 系统的工作原理

一套完整的 RFID 系统是由阅读器、电子标签(应答器)及应用软件系统三个部分组成,其工作原理是阅读器发射出一定频率的无线电波能量给应答器,用以驱动应答器电路将内部的数据送出,此时阅读器便依序接收解读数据,送给应用程序进行相应的处理。从阅读器及电子标签之间的通信及能量感应方式来看,RFID 系统大致上可以分成感应耦合及后向散射耦合两种,一般低频的 RFID 系统大都采用第一种方式,较高频的大多采用第二种方式。

根据使用的结构和技术不同,阅读器可以是读或读/写装置,是 RFID 系统信息控制和处理中心。阅读器通常由耦合模块、收发模块、控制模块和接口单元组成。阅读器和应答器之间一般采用半双工通信方式进行信息交换,同时阅读器通过耦合给无源应答器提供能量和时序。在实际应用中,可进一步通过 Ethernet 或 WLAN 等实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。应答器是 RFID 系统的信息载体,目前应答器大多是由耦合元件(线圈、微带天线等)和微芯片组成无源单元。

3. RFID 技术的发展进程

1940—1950 年:雷达的改进和应用催生了射频识别技术,1948 年奠定射频识别技术的理论基础。

1950—1960 年:早期射频识别技术的探索阶段,主要处于实验室实验研究。

1960—1970 年:射频识别技术的理论得到了发展,开始了一些应用尝试。

1970—1980 年:射频识别技术与产品研发处于一个大发展时期,各种射频识别技术测试得到加速,出现了一些最早的射频识别应用。

1980—1990 年:射频识别技术及产品进入商业应用阶段,各种规模的射频识别应用开始出现。

1990—2000 年:射频识别技术标准化问题日趋得到重视,射频识别产品得到广泛采用,射频识别产品逐渐成为人们生活中的一部分。

2000 年后:标准化问题日趋为人们所重视,射频识别产品种类更加丰富,有源电子标签、无源电子标签及半无源电子标签均得到发展,电子标签的成本不断降低,规模应用行业扩大。

三、RFID 产品的分类

依据工作频率的不同,RFID 系统可以分为低频、高频和超高频 RFID 产品;依据电子标签供电方式的不同,RFID 产品可以分为有源、无源和半无源 RFID 产品。

1. 依据工作频率的分类

不同频段的 RFID 产品会有不同的特性,目前定义 RFID 产品的工作频率有低频、高频



和超高频的频率范围内的符合不同标准的不同的产品,而且不同频段的 RFID 产品会有不同的特性。

1) 低频 RFID 产品

RFID 技术首先在低频得到广泛的应用和推广,该频率下主要是通过电感耦合的方式进行工作,也就是在阅读器线圈和感应器线圈间存在着变压器耦合作用,通过阅读器交变场的作用在感应器天线中感应的电压被整流,可作为供电电压使用,磁场区域能够很好地被定义,但是场强下降得太快。

低频 RFID 产品特性如下。

(1)工作在低频的感应器的一般工作频率从 120~134 kHz, TI 的工作频率为 134.2 kHz,该频段的波长约为 2 500 m。

(2)除了金属材料影响外,一般低频能够穿过任意材料的物品而不降低它的读取距离。

(3)工作在低频的阅读器在全球没有任何特殊的许可限制。

(4)低频产品有不同的封装形式,好的封装形式价格高昂,但是可以使用 10 年以上。

(5)虽然该频率的磁场区域下降很快,但是能够产生相对均匀的读写区域。

(6)相对于其他频段的 RFID 产品,该频段数据传输速率较慢。

(7)感应器价格相对其他频段较高。

低频 RFID 产品的主要应用如下。

(1)畜牧业的管理系统。

(2)汽车防盗和无钥匙开门系统。

(3)马拉松赛跑系统。

(4)自动停车场收费和车辆管理系统。

(5)自动加油系统。

(6)酒店门锁系统。

(7)门禁和安全管理系统。

低频 RFID 产品符合的国际标准如下。

(1)ISO 11784 AMD 2—2010 动物的无线射频率识别—代码结构—修改件 2:高级转调器指示。

(2)ISO 11785:1996/Cor1:2008 动物的无线电频率识别—技术概念:技术勘误 1。

(3)ISO 14223—1:2011 动物的射频识别—高级转调器—空中接口。

(4)ISO 14223—2:2010 动物的射频识别—高级应答机—第 2 部分:指令结构和代码。

(5)ISO 18000—2:2009 信息技术—细则管理用射频识别—135 kHz 以下空中接口通信参数。

(6)DIN 30745—2008 使用频率低于 135 kHz 的发射机应答器技术进行废弃物容器的无线射频识别。

2) 高频 RFID 产品

高频下的感应器不再需要线圈进行绕制,可以通过腐蚀或者印刷的方式制作天线。感应器一般通过负载调制的方式进行工作,也就是通过感应器上负载电阻的接通和断开促使读写器天线上的电压发生变化,实现用远距离感应器对天线电压进行振幅调制。如果人们通过数据控制负载电压的接通和断开,那么这些数据就能够从感应器传输到读



写器。

值得注意的是,13.56 MHz 频段主要由 ISO 14443 和 ISO 15693 两个标准组成,ISO 14443 俗称现在的 Mifare 1 系列产品,识别距离近但价格低、保密性好,常作为公交卡、门禁卡使用。ISO 15693 的最大优点在于它的识别效率,通过较大功率的阅读器可将识别距离扩展至 1.5 m 以上,由于波长的穿透性好,在处理密集标签时有优于超高频的读取效果。

高频 RFID 产品的特性如下。

(1)工作频率为 13.56 MHz,该频率的波长约 22 m。

(2)除了金属材料外,该频率的波长可以穿过大多数的材料,但是往往会降低读取距离,标签需要离开金属 4 mm 以上距离,其抗金属效果在几个频段中较为优良。

(3)该频段在全球都得到认可,并没有特殊的限制。

(4)感应器一般为电子标签的形式。

(5)虽然该频率的磁场区域下降很快,但是能够产生相对均匀的读写区域。

(6)该系统具有防冲撞特性,可以同时读取多个电子标签。

(7)可以把某些数据信息写入标签中。

(8)数据传输速率比低频要快,价格不是很贵。

高频 RFID 产品主要应用如下。

(1)图书管理系统。

(2)瓦斯钢瓶的管理。

(3)服装生产线和物流系统。

(4)三表预收费系统。

(5)酒店门锁的管理。

(6)大型会议人员通道系统。

(7)固定资产的管理系统。

(8)医药物流系统的管理。

(9)智能货架的管理。

(10)珠宝盘点管理。

高频 RFID 产品符合的国际标准如下。

(1)ISO/IEC 14443 近耦合 IC 卡,最大的读取距离为 10 cm。

(2)ISO/IEC 15693 疏耦合 IC 卡,最大的读取距离为 1 m。

(3)ISO/IEC 18000—3:2010 标准定义了 13.56 MHz 系统的物理层、防冲撞算法和通信协议。

3)超高频 PFID 产品

超高频系统通过电场来传输能量。电场的能量下降的不是很快,但是对读取的区域比较难定义。该频段读取距离比较远,无源可达约 10 m。主要是通过电容耦合的方式进行实现。

超高频 RFID 产品的特性如下。

(1)在该频段,全球的定义并不相同,欧洲和部分亚洲国家定义的频率为 868 MHz,北美定义的频段为 902~905 MHz,日本建议的频段为 950~956 MHz。该频段的波长约



为 30 cm。

(2)目前,该频段功率输出没有统一的定义(美国定义为 4 W,欧洲定义为 500 mW)。

(3)超高频频段的电波不能通过很多材料,特别是金属、液体、灰尘、雾等悬浮颗粒物质,可以说环境对超高频段的影响是很大的。

(4)电子标签的天线一般是长条和标签状,天线有线性和圆极化两种设计,满足不同应用的需求。

(5)该频段有好的读取距离,但是对读取区域很难进行定义。

(6)有很高的数据传输速率,在很短的时间可以读取大量的电子标签。

超高频 RFID 产品主要应用如下。

(1)供应链上的管理。

(2)生产线自动化的管理。

(3)航空包裹的管理。

(4)集装箱的管理。

(5)铁路包裹的管理。

(6)后勤管理系统。

超高频 RFID 产品符合的国际标准如下。

(1)ISO/IEC 18000—6:2013 定义了超高频的物理层和通信协议,空气接口定义了 Type A 和 Type B 两部分,支持可读和可写操作。

(2)EPCglobal 定义了电子物品编码的结构和甚高频的空气接口以及通信的协议,例如,Class 0,Class 1,UHF Gen2。

(3)UID 日本的组织,定义了 UID 编码结构和通信管理协议。

超高频产品的应用前景十分广阔,例如,沃尔玛、特易购、美国国防部和麦德龙超市都会在它们的供应链上应用 RFID 技术。

2. 依据电子标签供电方式的分类

目前 RFID 技术中所衍生的产品大概有三大类,即有源 RFID 产品、无源 RFID 产品、半有源 RFID 产品。

有源 RFID 产品是最近几年慢慢发展起来的,其远距离自动识别的特性决定了其巨大的应用空间和市场潜质。目前,在远距离自动识别领域,如智能监狱、智能医院、智能停车场、智能交通、智慧城市、智慧地球及物联网等领域有重大应用。有源 RFID 在这个领域异军突起,属于远距离自动识别类。产品主要工作频率有超高频 915 MHz、微波 2.45 GHz。

无源 RFID 产品发展最早,也是目前发展最成熟、市场应用最广的产品。例如,公交卡、食堂餐卡、银行卡、宾馆门禁卡、二代身份证等,属于近距离接触式识别类。其产品的主要工作频率有低频 125 kHz、高频 13.56 MHz、超高频 433 MHz、超高频 915 MHz。

半有源 RFID 产品,结合有源 RFID 产品及无源 RFID 产品的优势,在低频 125 kHz 频率的触发下,让微波 2.45 GHz 发挥优势。半有源 RFID 技术,也可以称为低频激活触发技术,利用低频近距离精确定位、微波远距离识别和上传数据,来解决单纯的有源 RFID 和无源 RFID 无法实现的功能。简单地说,就是近距离激活定位、远距离识别及上传数据。

半有源 RFID 是一项易于操控、简单实用且特别适合用于自动化控制的灵活性应用技术,识别工作无须人工干预,它既可支持只读工作模式也可支持读写工作模式,且无须接触或瞄准,可在各种恶劣环境下自由工作。短距离射频产品不怕油渍、灰尘污染等恶劣的环境,可以替代条形码,例如,用在工厂的流水线上跟踪物体;长距射频产品多用于交通管理,识别距离可达几十米,如自动收费或识别车辆身份等。

四、RFID 电子标签

电子标签是指由 IC 芯片和无线通信天线组成的超微型小标签。标签中保存有约定格式的电子数据,在实际应用中,无线标签附着在待识别物体表面。存储在芯片中的数据,由阅读器以无线电波的形式非接触地读取,并通过阅读器的处理器,进行信息解读并进行相关的管理。

1. 电子标签的组成

电子标签主要由芯片、天线和射频接口三部分组成,其内部框图如图 2-6 所示。

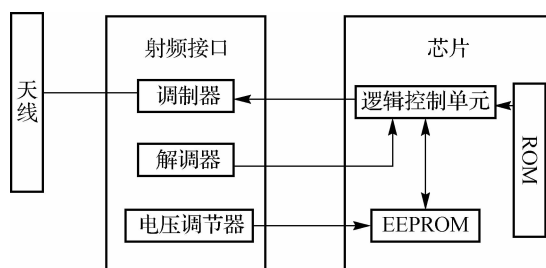


图 2-6 电子标签内部框图

电子标签内部又可细分为以下几个小单元。

(1)天线。天线接收阅读器传送过来的电磁信号或者将阅读器所需要的数据传回给阅读器,也就是负责发射和接收电磁波,它是电子标签与阅读器之间联系的重要环节。

(2)逻辑控制单元。逻辑负责对阅读器传送来的信号进行译码,并且按照阅读器的要求回传数据给阅读器。

(3)调制解调单元。由控制单元传出的数据需要经过调制单元的调制以后,才能加载到天线上,成为天线可以传送的射频信号,再回传给阅读器;解调单元负责将经过调制的信号加以解调,将载波去除,以获得最初的调制信号。

(4)电压调节单元。主要用来把从阅读器接收过来的射频信号转化为直流电源(DC),并且经其内部的储能装置(大电容)将能量储存起来,再通过稳压电路,以确保稳定的电源供应。

(5)存储单元。主要用于存储系统运行时产生的数据或者识别数据等。

电子标签与阅读器之间通过电磁波进行通信,与其他通信系统一样,电子标签可以看做一个特殊的收发信机,电子标签由耦合元件及芯片组成,每个标签具有唯一的电子编码,附着在物体目标对象上,电子标签内编写的程序可按具体需要进行随时读取和改写。电子标签中的内容也可在被改写的同时被永久锁死,进行保护。



通常电子标签的芯片体积很小,厚度一般不超过 0.35 mm,可印制在纸张、塑料、木材、玻璃、纺织品等包装材料上,也可以直接制作在商品标签上。

2. RFID 电子标签芯片

电子标签芯片是电子标签的一个重要组成部分,它主要负责存储标签内部信息,还负责对标签接收到的信号以及发送出去的信号进行一些必要的处理,电子标签芯片可以分为逻辑控制模块和存储模块两部分,如图 2-7 所示。

电子标签芯片内部的逻辑控制模块可以细分为脉冲位置调解译码模块、命令处理模块、主状态机、编码模块、防碰撞控制、通用寄存器、电可擦可编程只读存储器接口等部分。其主要职责是对模拟解调后的数据进行一些必要的处理,并且负责与 EEPROM 及阅读器的通信。

3. RFID 电子标签天线

天线可以将导行波转换为自由空间波,也可以把自由空间波转换为导行波。天线的周围是一个三维空间,这三维分别是波束范围、立体弧度和立体角。由无线发射机发送的信号,首先经馈线传送给天线,天线接收完毕以后,再经馈线传送给无线接收机。由此可以看出,在传送信号的过程中,天线是必不可少的。

在一个电子标签中,标签面积主要是由天线面积决定的。然而天线的物理尺寸受到工作频率电磁波波长的限制,如超高频(900 MHz)的电磁波波长为 30 cm,因此应该在设计时考虑到天线的尺寸,一般设计为 5~10 cm 的小天线。此外,考虑到天线的阻抗问题、辐射模式、局部结构、作用距离等因素的影响,为了以最大功率进行传输数据,天线后芯片的输入阻抗必须和天线的输出阻抗相匹配。

RFID 电子标签主要有线圈型、微带贴片型和偶极子型三种。工作距离小于 1 m 的近距离应用系统的 RFID 天线一般采用工艺简单、成本低的线圈型天线,工作在中、低频段。工作距离在 1 m 以上的远距离应用系统需要采用微带贴片型或偶极子型 RFID 天线,工作在高频及微波频段。

(1)线圈型天线。某些应用要求 RFID 的线圈天线外形很小,且需要一定的工作距离,如动物识别。为了增大 RFID 与读写器之间的天线线圈互感量,通常在天线线圈内部插入具有高磁导率 μ 的铁氧体材料,来补偿线圈横截面小的问题。

(2)微带贴片型天线。微带贴片型天线是由贴在带有金属底板的介质基片上的辐射贴片导体构成的。微带贴片型天线质量轻,体积小,剖面薄,其馈线方式和极化制式的多样化及馈电网络、有源电路集成一体化等特点成为了印刷天线的主流。微带贴片型天线适用于通信方向变化不大的 RFID 应用系统中。

(3)偶极子型天线。在远距离耦合的 RFID 系统中,最常用的为偶极子型天线。信号从偶极子型天线中间的两个端点馈入,在偶极子的两臂上产生一定的电流分布,从而在天线周围空间激发起电磁场。偶极子型天线分为四种类型,分别为半波偶极子型天线、双线折叠偶极子型天线、三线折叠偶极子型天线和双偶极子型天线。

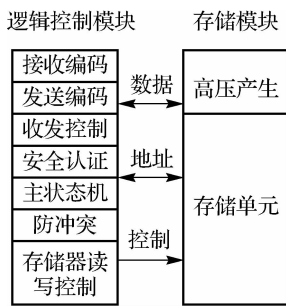


图 2-7 电子标签芯片内部框图

4. RFID 电子标签的分类

射频识别系统可以应用于不同的领域和场合,不同的应用场合对 RFID 系统中电子标签的要求也不尽相同。为了满足这些多种多样的需求,电子标签的种类也多种多样。

1) 按照标签获取能量的方式分类

按照标签获取能量的方式分类,RFID 电子标签可以分为有源标签、半有源标签和无源标签。

2) 按照标签的工作频率分类

按照标签的工作频率分类,RFID 电子标签可以分为低频、高频、超高频和微波标签。

低频标签的工作频段很低(135 kHz 以下),它的工作方式是电感耦合式,主要应用在交通工具防盗、畜牧业管理等领域。

高频标签工作频率为 13.56 MHz,它的工作方式也是电感耦合式,主要应用在图书馆、IC 卡等领域。

超高频和微波标签的工作频率都很高,分别为 860~960 MHz 和 2.4 GHz 以上,它们的工作方式多为电磁反向散射式,主要应用在道路自动收费系统等领域。

3) 按照数据调制方式分类

按照数据调制方式分类,RFID 电子标签可以分为主动式、被动式和半主动式三种。

主动式标签的内部带有电源,也就是有源标签,用以供应内部 IC 所需电源以产生对外的信号。可以主动向阅读器发送数据,一般来说,主动式标签拥有较长的读取距离和较大的记忆体容量,可以用来储存读取器所传送来的一些附加信息,应用场合主要是对传输距离要求比较高的场合。

被动式标签主要采用散射调制方式传输数据,它的信号必须经过调制以后才能进行传输,一般应用于对传输距离要求不太高的场合,被动式标签没有内部供电电源,其内部集成电路通过接收到的电磁波进行驱动,这些电磁波是由 RFID 读取器发出的。当标签接收到足够强度的信号时,可以向读取器发出数据。这些数据不仅包括 ID 号(全球唯一标示 ID),还可以包括预先存在标签内 EEPROM 中的数据。由于被动式标签具有价格低廉、体积小巧、无需电源的优点,目前市场上的 RFID 标签主要是被动式的。

半主动式标签的内部也带有电源,但必须经过阅读器的激活才能向阅读器传送数据,也就是说不能主动传输数据。半主动式类似于被动式,不过它多了一个小型电池,电力恰好可以驱动标签 IC,使得 IC 处于工作的状态。这样的好处在于,天线可以不用管接收电磁波的任务,充分作为回传信号之用。相比被动式,半主动式有更快的反应速度、更好的效率。

4) 按照存储器类型分类

按照存储器类型分类,RFID 电子标签可以分为只读标签、一次写入多次读取标签和可读写标签。

只读标签内部的数据信息出厂时就被写入,而且以后都不能改变,内部构造简单,储存信息量也很少,价格便宜。

一次写入多次读取标签在出厂后可以被写入数据,一旦写入以后就不能改变,内部存储器一般为 PROM 和 PAL。

可读写标签内部存储器的容量比上述两种标签都要大,其内部的信息可以被读出,也可



以被随意更改,该类标签的成本最高。

5)按照标签作用距离分类

按照标签作用距离分类,RFID 电子标签可以分为密耦合、近耦合、疏耦合和远耦合四类。其作用距离分别为小于 1 cm、约 10 cm、约 1 m、5~10 m 或 10 m 以上。

6)按照标签封装材质分类

按照标签封装材质分类,RFID 电子标签可以分为纸标签、塑料标签和玻璃标签。

纸标签一般都具有自粘功能,用来粘贴到待识别物体上,这种标签价格低,一般由面层、芯片线路层、胶层、底层组成。

塑料标签采用特定的工艺将芯片和天线用特定的塑料基材封装成不同的标签形式,如钥匙牌、手表形标签、狗牌、信用卡等形式。常用的塑料基材有 PVC 和 PSP,标签结构包括面层、芯片层和底层。

玻璃标签应用于动物识别与跟踪,将芯片、天线采用一种特殊的固定物质植入一定大小的玻璃容器中,封装成玻璃标签。

5. RFID 电子标签的技术参数

RFID 电子标签附着在待识别物体上,在 RFID 系统中,它是一个损耗器件。

目前在各个厂商生产的 RFID 系统中,除了个别厂商以外,大部分的 RFID 系统都互不兼容。

对于较大的应用系统来说,标签的成本决定着整个系统的成本。

电子标签由标签天线、接口和芯片等采用特殊的工艺制造而成。

按照电子标签的技术特征,针对标签的技术参数有能量需求、读写速度、封装形式、内存、工作频率、传输速率和数据的安全性等。

6. RFID 电子标签的状态转移

电子标签的状态转移如图 2-8 所示。

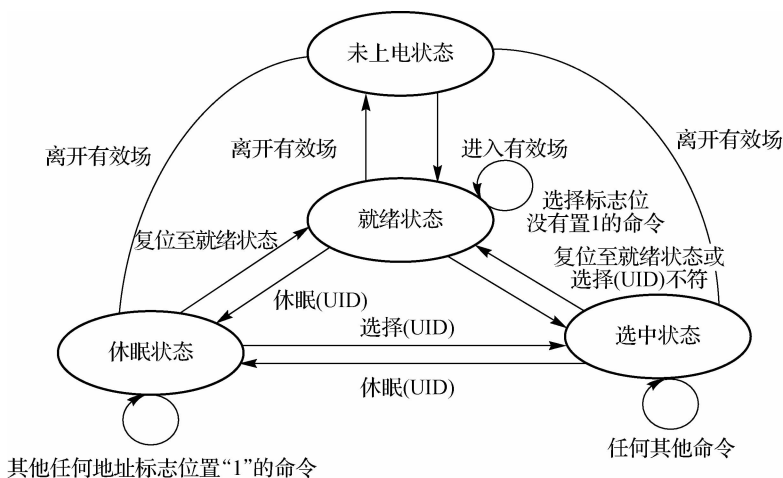


图 2-8 电子标签的状态转移图

7. RFID 电子标签的发展趋势

未来的电子标签将有以下的发展趋势。

(1)工作距离更远。随着低功耗 IC 技术的发展,电子标签所需功耗可以降到非常低的水平,这就使得无源 RFID 系统的工作距离可以更远,有些甚至可以达到几十米以上。

(2)无线可读写性能更加完善。未来的电子标签系统误码率不断降低,抗干扰性不断提高。

(3)更加适合高速移动物体识别。未来的电子标签和阅读器之间的通信速率会获得很大程度的提高,对高速移动物体的识别会越来越准确。

(4)快速多标签读写功能更加完善。未来的电子标签采用适用于识别大量物品的系统通信协议,实现快速的多标签读/写功能。

(5)自我保护功能更加完善。在能量场很强的环境中,未来的电子标签接收到的电磁能量很强,产生高电压,为此需要加强自保功能,保护电子标签芯片不受损害。

(6)标签附属功能更多。例如,带有传感器或者蜂鸣器、光指示或者标签具备杀死功能,即标签到达寿命或终止应用时能够自行销毁。

(7)体积更小。目前日立公司设计开发的带有内置天线的芯片厚度约为 0.1 mm。

(8)成本更低。新的生产工艺使得整个系统的生产成本不断降低。

五、RFID 读写器

RFID 读写器又称为“RFID 阅读器”,通过射频识别信号自动识别目标对象并获取相关数据,无须人工干预,可识别高速运动物体并可同时识别多个 RFID 标签,操作快捷方便。RFID 读写器有固定式和手持式,手持 RFID 读写器包含低频、高频、超高频、有源等。

RFID 读写器通过天线与 RFID 电子标签进行无线通信,可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的 RFID 读写器包含 RFID 射频模块(发送器和接收器)、控制单元以及阅读器天线。

射频识别系统中,电子标签又称为射频标签、应答器、数据载体,读写器又称为读出装置、扫描器、通信器、读取器(取决于电子标签是否可以无线改写数据)。电子标签与阅读器之间通过耦合元件实现射频信号的空间(无接触)耦合,在耦合通道内根据时序关系实现能量的传递、数据的交换。

RFID 读写器根据频率可以分为低频 RFID 读写器、高频 RFID 读写器、超高频 RFID 读写器等。

1)低频 RFID 读写器

低频 RFID 读写器支持 125~134.2 kHz 频段的 RFID 读写。

2)高频 RFID 读写器

高频 RFID 读写器支持 13.56 MHz 频道的 RFID 读写。

3)超高频 RFID 读写器

超高频 RFID 读写器支持超高频段的 RFID 读写。

4)双频 RFID 读写器

双频 RFID 读写器支持 ISO 14443/ISO 15693 双协议的 RFID 读写。



六、RFID 技术的应用

1. 用于病患监测的无源 RFID 系统

病患监测设备通常用于测量病患的生命迹象,例如,血压、心率等参数,管理这些重要数据的要求远远超出了简单的库存控制范围,需要能够提供设备检查、校准和自检结果,并具有安全升级功能,同时最大限度降低设备故障停机时间。维修人员经常把记录维修数据的标签粘贴在设备上,由于需要记录大量数据,过一段时间后逐渐损坏,标签贴纸不再是一个合理的选择。与静态的标签贴纸不同,动态的双接口 RFID EEPROM 电子标签解决方案则能够记录测量参数,以备日后读取,还能把新数据输入系统。

2. 基于 RFID 的物联网智能公交系统

基于物联网技术的公交停车场站安全监管系统,主要由车辆出入口管理系统、场站智能视频监控系统两部分组成,利用先进的“物物相联技术”,将用户端延伸和扩展到公交车辆、停车场站中的任何物品间进行数据交换和通信,全面立体地解决公交行业监管问题。

3. 基于 RFID 技术的小区安防系统

在小区的各个通道和人员可能经过的通道中安装若干个阅读器,并且将它们通过通信线路与地面监控中心的计算机进行数据交换。同时在每个进入小区的人员车辆上安置有 RFID 电子标签身份卡,当人员车辆进入小区内,只要通过或接近放置在通道内的任何一个阅读器,阅读器即会感应到信号,同时立即上传到监控中心的计算机上,计算机就可判断出具体信息,管理者也可以根据大屏幕上或电脑上的分布示意图点击小区内的任一位置,计算机即会把这一区域的人员情况统计并显示出来。同时,一旦小区内发生事故(如火灾、抢劫等),可根据电脑中的人员定位分布信息马上查出事故地点周围的人员车辆情况,然后可再用探测器在事故处进一步确定人员准确位置,以便帮助公安部门以准确快速的方式营救出遇险人员或破案。

4. 射频门禁

门禁系统应用射频识别技术,可以实现持有效电子标签的车不停车,方便通行又节约时间,提高路口的通行效率,更重要的是可以对小区或停车场的车辆出入情况进行实时的监控,准确验证出入车辆和车主身份,维护区域治安,使小区或停车场的安防管理更加人性化、信息化、智能化、高效化。

5. 电子溯源系统

溯源技术大致有三种:一种是 RFID 无线射频技术,在产品包装上加贴一个带芯片的标识,产品进出仓库和运输就可以自动采集和读取相关的信息,产品的流向都可以记录在芯片上;另一种是二维码,消费者只需要通过带摄像头的手机拍摄二维码,就能查询到产品的相关信息,查询的记录都会保留在系统内,一旦产品需要召回就可以直接发送短信给消费者,实现精准召回;还有一种是在条形码上加上产品批次信息(如生产日期、生产时间、批号等),采用这种方式,生产企业基本不增加生产成本。

电子溯源系统可以实现所有批次产品从原料到成品、从成品到原料 100% 的双向追溯功能。这个系统最大的特色功能就是数据的安全性,每个人工输入的环节均被软件实时备份。

6. 食品溯源

采用 RFID 技术进行食品药品的溯源在一些城市已经开始试点,包括宁波、广州、上海等地,食品药品的溯源主要解决食品来路的跟踪问题,如果发现了有问题的产品,可以简单地追溯,直到找到问题的根源。

7. 上海世博会门票

近年来,在上海举行的会展数量以每年 20% 的速度递增。上海市政府一直在积极探索如何应用新技术提升组会能力,更好地展示上海城市形象。RFID 在大型会展中的应用已经得到验证,2005 年爱知世博会的门票系统就采用了 RFID 技术,实现了大批参观者的快速入场。2006 年世界杯主办方也采用了嵌入 RFID 芯片的门票,起到了防伪的作用,这引起了大型会展主办方的关注。在 2008 年的北京奥运会上,RFID 技术也得到了广泛应用。

2010 年世博会在上海举办,对主办者、参展者、参观者、志愿者等各类人群有大量的信息服务需求,包括人流疏导、交通管理、信息查询等,RFID 系统正是满足这些需求的有效手段之一。世博会的主办者关心门票的防伪;参展者比较关心究竟有哪些参观者参观过自己的展台,关心内容和产品是什么以及参观者的个人信息;参观者想迅速获得自己所要的信息,找到所关心的展示内容;而志愿者需要了解全局,去帮助需要帮助的人。所有这些需求通过 RFID 技术能够轻而易举地实现。参观者凭借嵌入 RFID 标签的门票入场,并且随身携带。每个展台附近都部署有 RFID 读取器,这样对参展者来说,参观者在展会中走过哪些地方,在哪里驻足时间较长,参观者的基本信息是什么等就了然于胸了,当参观者走近时,可以更精确地提供服务。同时,主办者可以在会展上部署带有 RFID 读取器的多媒体查询终端,参观者可以通过终端知道自己当前的位置及所在展区的信息,还能通过查询终端追踪到走失的同伴信息。

8. 监控放射源

成都市为了进一步建立健全成都核与辐射的监管体系,出台了《成都市核与辐射安全管理职责及工作程序》,全市有在用放射源数量 1 340 余枚,都处于安全可控状态,为了进一步保障核与辐射环境安全,下一步成都还将启动放射源监控系统建设,给这些放射源贴上“电子标签”实现 24 小时监控,实现对这些放射源的全方位监管。采用物联网技术,给每个放射源都贴上“电子标签”,对它们实行 24 小时监管,这些放射源野外偷运或者存在安全隐患,通过后方平台监控,都能够一清二楚掌控。

9. 电子标签应用于奢侈品

在某些珠宝类商品做相关的防盗电子标签,可以极大地明显提升珠宝企业工作效率,如盘点、点仓、出入库以及降低失窃率等。如果在此基础上增加珠宝被购买后还能继续的有跟踪定位功能,能让顾客以后放心的佩戴珠宝,即使不小心丢了也可以在第一时间定位到珠宝的位置。这样不仅让顾客有充分的安全感,也能刺激更多有能力的消费者下决心购买这些奢侈品。

石油石化、国家电网、物流、服装等领域都可以使用 RFID 电子标签,只要是有价值的物品都可以用 RFID 电子标签进行监管。这里迎接的不仅仅是一个低成本的智能防盗产品,而且是一个可以应用于信息化实时管理的物联网时代。



七、RFID 的市场发展

物联网已被确定为中国战略性新兴产业之一,《物联网“十二五”发展规划》的出台,无疑给正在发展的中国物联网又吹来一股强劲的东风,而 RFID 技术作为物联网发展的最关键技术,其应用市场必将随着物联网的发展而扩大。

根据分析师的预测,未来 RFID 将主要应用在供应链管理等物流领域,而这个市场将成为 RFID 市场的重头戏。目前 RFID 的普及所面临的问题主要是 RFID 芯片成本过高以及产品的成品率不高,无形中增加了企业的生产成本,导致 RFID 面临普及难题。但如果在应用上能够采取有效措施,实现 RFID 标签的量产化,则 RFID 标签的价格将会迅速下跌,应用普及也将指日可待。

1. 超高频技术不完善,制约应用发展

目前,在无源超高频电子标签技术上还存在着系统集成稳定性差、超高频标签性能本身有一些物理缺陷等许多技术方面不完善的问题。在系统集成方面,现阶段中国十分缺乏专业、高水平的超高频系统集成公司,整体而言无源超高频电子标签应用解决方案还不够成熟。这种现状造成应用系统的稳定性不高,进而影响了终端用户采用超高频应用方案的信心。从超高频标签产品本身而言,存在着标签读写性能稳定性不高、在复杂环境下漏读或读取准确率低等诸多问题。

2. 超高频标准不统一,制约产业发展

目前,无源超高频电子标签在国内尚没有形成统一的标准,国际上制定的 ISO 18000—6C/EPCClass1Gen2 协议由于涉及多项专利,所以中国很难把它作为国家标准来颁布和实施,中国超高频市场上相关的标准及检测体系实际上是处于缺位状态。在没有统一标准的环境下,将极大制约产业和应用的发展。

3. 超高频成本瓶颈,制约市场发展

尽管近两年来,无源超高频电子标签价格下降很快,但是从 RFID 芯片以及包含读写器、电子标签、中间件、系统维护等整体成本而言,超高频 RFID 系统价格依然偏高,而项目成本是应用超高频 RFID 系统最终用户权衡项目投资收益的重要指标。所以,超高频系统的成本瓶颈,也是制约中国超高频市场发展的重要因素。

2010 年以来,由于经济形势的好转和物联网产业发展等因素推动,全球 RFID 市场也持续升温,并呈现持续上升趋势,与此同时,RFID 的应用领域越来越多,人们对 RFID 产业发展的期待也越来越高。目前 RFID 技术正处于迅速成熟的时期,许多国家都将 RFID 作为一项重要产业予以积极推动。

总之,目前中国无源超高频市场还处于发展初期,核心技术急需突破,商业模式有待创新和完善,产业链需要进一步发展和壮大,只有核心问题得到有效解决,才能真正迎来 RFID 无源超高频市场的发展。

问题与思考

问题 1 自动识别技术包括哪些？它们之间的区别是什么？

思考：.....
.....
.....
.....

问题 2 RFID 系统由哪几部分组成？其工作原理是什么？

思考：.....
.....
.....
.....

问题 3 在物联网中 RFID 技术的作用是什么？未来 RFID 技术的发展前景如何？

思考：.....
.....
.....
.....

学习单元三 嵌入式系统

引言

嵌入式系统是一种专用的计算机系统，作为装置或设备的一部分。通常，嵌入式系统是一个控制程序存储在 ROM 中的嵌入式处理器控制板。事实上，所有带有数字接口的设备，如手表、微波炉、录像机、汽车等，都使用嵌入式系统，有些嵌入式系统还包含操作系统，但大多数嵌入式系统都是由单个程序实现整个控制逻辑。



一、嵌入式系统概述

1. 嵌入式系统的定义

嵌入式系统(embedded system),是一种“完全嵌入受控器件内部,为特定应用而设计的专用计算机系统”,根据英国电气工程师协会的定义,嵌入式系统为控制、监视或辅助设备、机器或用于工厂运作的设备。与个人计算机这样的通用计算机系统不同,嵌入式系统通常执行的是带有特定要求的、预先定义的任务。由于嵌入式系统只针对一项特殊的任务,设计人员能够对它进行优化,减小尺寸以降低成本。嵌入式系统通常进行大量生产,所以节约了单个系统的成本。

2. 嵌入式系统的历史发展

嵌入式系统的出现最初是基于单片机的。20世纪70年代,单片机的出现使得汽车、家电、工业机器、通信装置以及成千上万种产品可以通过内嵌电子装置来获得更佳的使用性能,这些装置已经初步具备了嵌入式的应用特点,但是这时的应用只使用8位的芯片,执行一些单线程的程序,还谈不上“系统”的概念。

从20世纪80年代早期开始,嵌入式系统的程序员开始用商业级的“操作系统”编写嵌入式应用软件,因此可以获取更短的开发周期、更低开发资金和更高的开发效率,“嵌入式系统”真正出现了。确切地说,这个时候的操作系统是一个实时核,这个实时核包含了许多传统操作系统的特征,如任务管理、任务间通信、同步与相互排斥、中断支持、内存管理等功能,比较著名的有Ready System公司的VRTX、Integrated System Incorporation(ISI)公司的PSOS、IMG公司的VxWorks、QNX公司的QNX等。这些嵌入式操作系统都具有嵌入式的典型特点,均采用占先式的调度,响应的时间很短,任务执行的时间可以确定;系统内核很小,具有可裁剪、可扩充和可移植性,可以移植到各种处理器上;较强的实时性和可靠性,适合嵌入式应用。这些嵌入式实时多任务操作系统的出现,使应用开发人员得以从小范围的开发解放出来,同时也促使嵌入式有了更为广阔的应用空间。

20世纪90年代以后,随着对实时性要求的提高,软件规模不断上升,实时核逐渐发展为实时多任务操作系统(RTOS),并作为一种软件平台逐步成为目前国际嵌入式系统的主流。这时候更多的公司看到了嵌入式系统的广阔发展前景,开始大力发展自己的嵌入式操作系统。除了前面的几家老牌公司的产品以外,还出现了Palm OS、WindowsCE、嵌入式Linux、Lynx、Nucleux,以及中国的Hopen、Delta OS等嵌入式操作系统。随着嵌入式技术的发展前景日益广阔,相信会有更多的嵌入式操作系统软件出现。

二、嵌入式系统的组成

一般而言,嵌入式系统装置由嵌入式计算机系统和执行装置组成,嵌入式计算机系统是整个嵌入式系统的核心,由硬件层、中间层、系统软件层和应用软件层组成。执行装置也称为被控对象,它可以接受嵌入式计算机系统发出的控制命令,执行所规定的操作或任务。执行装置可以很简单,如手机上的一个微小型电机,当手机处于振动接收状态时打开;也可以很复杂,如索尼智能机器狗,上面集成了多个微小型控制电机和多种传感器,从而可以执行各种复杂的动作和感受各种状态信息。

下面对嵌入式计算机系统的组成进行介绍。

1. 硬件层

硬件层中包含嵌入式微处理器、存储器(SDRAM、ROM、Flash 等)、通用设备接口和 I/O 接口(A/D、D/A、I/O 等)。在一片嵌入式处理器基础上添加电源电路、时钟电路和存储器电路,就构成了一个嵌入式核心控制模块,其中操作系统和应用程序都可以固化在 ROM 中。

1) 嵌入式微处理器

嵌入式系统硬件层的核心是嵌入式微处理器,嵌入式微处理器与通用 CPU 最大的不同在于嵌入式微处理器大多工作在为特定用户群所专门设计的系统中,它将通用 CPU 许多由板卡完成的任务集成在芯片内部,从而有利于嵌入式系统在设计时趋于小型化,同时还具有很高的效率和可靠性。

嵌入式微处理器的体系结构可以采用冯·诺依曼体系或哈佛体系结构,指令系统可以选用精简指令系统(reduced instruction set computer, RISC)和复杂指令系统(complex instruction set computer, CISC)。RISC 计算机在通道中只包含最有用的指令,确保数据通道快速执行每一条指令,从而提高了执行效率,使 CPU 硬件结构设计变得更为简单。

嵌入式微处理器有各种不同的体系,即使在同一体系中也具有不同的时钟频率和数据总线宽度,或集成了不同的外设和接口。据不完全统计,目前全世界嵌入式微处理器已经超过 1 000 种,体系结构有 30 多个系列,其中主流的体系有 ARM、MIPS、PowerPC、X86 和 SH 等。与全球 PC 市场不同的是,没有一种嵌入式微处理器可以主导市场,仅以 32 位的产品而言就有 100 种以上。嵌入式微处理器的选择是根据具体的应用而决定的。

2) 存储器

嵌入式系统需要存储器来存放和执行代码,包含缓存、主存和辅助存储器。

缓存是一种容量小、速度快的存储器阵列,它位于主存和嵌入式微处理器内核之间,存放的是最近一段时间微处理器使用最多的程序代码和数据。在需要进行数据读取操作时,微处理器尽可能地从缓存中读取数据,而不是从主存中读取,这样就大大改善了系统的性能,提高了微处理器和主存之间的数据传输速率。缓存的主要目标就是减小存储器(如主存和辅助存储器)给微处理器内核造成的存储器访问瓶颈,使处理速度更快,实时性更强。在嵌入式系统中,缓存全部集成在嵌入式微处理器内,可分为数据缓存、指令缓存或混合缓存,缓存的大小依不同处理器而定。一般中高档的嵌入式微处理器才会把缓存集成进去。

主存是嵌入式微处理器能直接访问的存储器,用来存放系统和用户的程序及数据。主存可以位于微处理器的内部或外部,其容量为 256 kB~1GB,根据具体的应用而定,一般片内存储器容量小,速度快,片外存储器容量大。常用作主存的存储器有 ROM 类 NOR Flash、EPROM 和 PROM 等, RAM 类 SRAM、DRAM 和 SDRAM 等。其中 NOR Flash 凭借其可擦写次数多、存储速度快、存储容量大、价格便宜等优点,在嵌入式领域内得到了广泛应用。

辅助存储器用来存放大数据量的程序代码或信息,它的容量大,但读取速度与主存相比慢很多,用来长期保存用户的信息。

嵌入式系统中常用的外存有硬盘、NAND Flash、CF 卡、MMC 和 SD 卡等。

3) 通用设备接口和 I/O 接口

嵌入式系统和外界交互需要一定形式的通用设备接口,外设通过和片外其他设备或传



传感器的连接来实现微处理器的输入/输出功能。每个外设通常都只有单一的功能,它可以在芯片外也可以内置于芯片中。外设的种类很多,可从一个简单的串行通信设备到非常复杂的 802.11 无线设备。

目前嵌入式系统中常用的通用设备接口有模/数转换接口(A/D)、数/模转换接口(D/A)和输入/输出接口(I/O),其中,I/O 接口有串行通信接口(RS-232 接口)、以太网接口(Ethernet)、通用串行总线接口(USB)、音频接口、VGA 视频输出接口、现场总线(I2C)、串行外围设备接口(SPI)和红外线接口(IrDA)等。

2. 中间层

硬件层与软件层之间为中间层,也称为硬件抽象层(hardware abstract layer, HAL)或板级支持包(board support package, BSP),它将系统上层软件与底层硬件分离开来,使系统的底层驱动程序与硬件无关,上层软件开发人员无须关心底层硬件的具体情况,根据中间层提供的接口即可进行开发。中间层一般包含相关底层硬件的初始化、数据的输入/输出操作和硬件设备的配置功能。中间层具有以下两个特点。

(1)硬件相关性。因为嵌入式实时系统的硬件环境具有应用相关性,而作为上层软件与硬件平台之间的接口,中间层需要为操作系统提供操作和控制具体硬件的方法。

(2)操作系统相关性。不同的操作系统具有各自的软件层次结构,因此,不同的操作系统具有特定的硬件接口形式。

实际上,中间层是一个介于操作系统和底层硬件之间的软件层次,包括了系统中大部分与硬件联系紧密的软件模块。设计一个完整的中间层需要完成两部分工作:嵌入式系统的硬件初始化以及中间层功能,设计硬件相关的设备驱动。

1) 嵌入式系统硬件初始化

系统初始化过程可以分为三个主要环节,按照自底向上、从硬件到软件的次序依次为片级初始化、板级初始化和系统级初始化。

(1)片级初始化。片级初始化即完成嵌入式微处理器的初始化,包括设置嵌入式微处理器的核心寄存器和控制寄存器、嵌入式微处理器核心工作模式和嵌入式微处理器的局部总线模式等。片级初始化把嵌入式微处理器从上电时的默认状态逐步设置成系统所要求的工作状态,这是一个纯硬件的初始化过程。

(2)板级初始化。板级初始化即完成嵌入式微处理器以外的其他硬件设备的初始化。另外,还需设置某些软件的数据结构和参数,为随后的系统级初始化和应用程序的运行建立硬件和软件环境,这是一个同时包含软硬件两部分在内的初始化过程。

(3)系统初始化。系统初始化过程以软件初始化为主,主要进行操作系统的初始化。中间层将嵌入式微处理器的控制权转交给嵌入式操作系统,由操作系统完成余下的初始化操作,包含加载和初始化与硬件无关的设备驱动程序,建立系统内存区,加载并初始化其他系统软件模块,如网络系统、文件系统等。最后,操作系统创建应用程序环境,并将控制权交给应用程序的入口。

2) 硬件相关的设备驱动程序

中间层的另一个主要功能是硬件相关的设备驱动。硬件相关的设备驱动程序的初始化通常是一个从高到低的过程。尽管中间层中包含硬件相关的设备驱动程序,但是这些设备驱动程序通常不直接由中间层使用,而是在系统初始化过程中由中间层将它们与操作系统

中通用的设备驱动程序关联起来,并在随后的应用中由通用的设备驱动程序调用,实现对硬件设备的操作。与硬件相关的驱动程序是中间层设计与开发中另一个非常关键的环节。

3. 系统软件层

系统软件层由实时多任务操作系统(real-time operation system,RTOS)、文件系统、图形用户接口(graphical user interface,GUI)、网络系统及通用组件模块组成。RTOS 是嵌入式应用软件的基础和开发平台。

嵌入式操作系统(embedded operation system,EOS)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、任务调度,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。目前,已推出一些应用比较成功的 EOS 产品系列。随着 Internet 技术的发展、信息家电的普及应用及 EOS 的微型化和专业化,EOS 开始从单一的弱功能向高专业化的强功能方向发展。EOS 在系统实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。EOS 是相对于一般操作系统而言的,它除具备一般操作系统最基本的功能,如任务调度、同步机制、中断处理、文件功能等外,还有以下特点。

- (1)可装卸性。开放性、可伸缩性的体系结构。
- (2)强实时性。EOS 实时性一般较强,可用于各种设备控制当中。
- (3)统一的接口。EOS 提供各种设备驱动接口。
- (4)操作方便、简单。EOS 提供友好的 GUI,图形界面,易学易用。
- (5)提供强大的网络支持。EOS 支持 TCP/IP 协议及其他协议,提供 TCP/UDP/IP/PPP 协议支持及统一的 MAC 访问层接口,为各种移动计算设备预留接口。
- (6)强稳定性,弱交互性。嵌入式系统一旦开始运行就不需要用户过多的干预,这就需要负责系统管理的 EOS 具有较强的稳定性。EOS 的用户接口一般不提供操作命令,它通过系统调用命令向用户程序提供服务。
- (7)固化代码。在嵌入式系统中,EOS 和应用软件被固化在嵌入式系统计算机的 ROM 中。辅助存储器在嵌入式系统中很少使用,因此,嵌入式操作系统的文件管理功能应该能够很容易拆卸,而使用各种内存文件系统。
- (8)更好的硬件适应性,也就是良好的移植性。

4. 应用软件层

应用软件层是利用系统软件层提供的功能开发出针对某个需求的程序,供用户使用,用户最终与应用软件打交道。例如,手机用户编写一条短信,用户看到的是短信编写软件的界面,而看不到里面的系统软件以及嵌入式处理器等硬件。

通过应用软件层,可以实现针对不同的应用场景来完成各种各样的应用服务和管理控制。

三、嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统技术具有非常广阔的应用前景,其应用领域可以包括以下几个方面。

1. 工业控制

基于嵌入式芯片的工业自动化设备获得长足的发展,目前已经有大量的 8 位、16 位、



32 位嵌入式微控制器在应用中,网络化是提高生产效率和产品质量、减少人力资源的主要途径,如工业过程控制、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、石油化工系统。就传统的工业控制产品而言,低端型采用的往往是 8 位单片机,但是随着技术的发展,32 位、64 位的处理器逐渐成为工业控制设备的核心,在未来几年内必将获得长足的发展。

2. 交通管理

在车辆导航、流量控制、信息监测与汽车服务等方面,嵌入式系统技术已经获得了广泛的应用,内嵌 GPS 模块、GSM 模块的移动定位终端已经在运输行业获得了成功使用。目前 GPS 设备已经进入了普通百姓的家庭,只需要几千元甚至几百元,就可以随时随地找到你的位置。

3. 信息家电

信息家电将是嵌入式系统最大的应用领域,冰箱、空调等家电的网络化、智能化将引领人们的生活步入一个崭新的时代,即使你不在家里,也可以通过电话线、网络进行远程控制。

4. 家庭智能管理系统

水、电、煤气表的远程自动抄表,安全防火、防盗系统中嵌有的专用控制芯片将代替传统的人工检查,并实现更高、更准确和更安全的性能。

5. POS 网络及电子商务

公共交通无接触智能卡(contactless smartcard, CSC)发行系统、公共电话卡发行系统、自动售货机、各种智能 ATM 终端将全面走入人们的生活,到时手持一卡就可以行遍天下。

6. 环境工程与自然

水文资料实时监测,防洪体系及水土质量监测、堤坝安全、地震监测、实时气象信息监测、水源和空气污染监测,在很多环境恶劣、地况复杂的地区,嵌入式系统将实现无人监测。

7. 机器人

嵌入式芯片的发展将使机器人在微型化、高智能方面优势更加明显,同时会大幅度降低机器人的价格,使其在工业领域和服务领域获得更广泛的应用。

这些应用中,可以着重于在控制方面的应用。就远程家电控制而言,除了开发出支持 TCP/IP 协议的嵌入式系统之外,家电产品控制协议也需要制定和统一,这需要家电生产厂家来做。同样的道理,所有基于网络的远程控制器件都需要与嵌入式系统之间实现接口,然后再由嵌入式系统来控制并通过网络实现控制。所以,开发和探讨嵌入式系统有着十分重要的意义。

四、嵌入式系统的发展现状和趋势

1. 嵌入式系统的发展现状

进入 20 世纪 90 年代,嵌入式技术全面展开,目前已成为通信和消费类产品的共同发展方向。在通信领域,数字技术正在全面取代模拟技术。在广播电视领域,美国已开始由模拟

电视向数字电视转变,欧洲的 DVB(数字电视广播)技术已在全球大多数国家推广,数字音频广播(DAB)也已进入商品化试播阶段,而软件、集成电路和新型元器件在产业发展中的作用日益重要。所有上述产品中,都离不开嵌入式系统技术。在个人领域中,嵌入式产品主要是个人商用,作为个人移动的数据处理和通信软件。由于嵌入式设备具有自然的人机交互界面,GUI 屏幕为中心的多媒体界面给人很大的亲和力,手写文字输入、语音拨号上网、收发电子邮件以及彩色图形、图像已取得初步成效。

一些先进的 PDA 在显示屏幕上已实现汉字写入、短消息语音发布,日用范围也将日益广阔。对于企业专用解决方案,如物流管理、条形码扫描、移动信息采集等,这种小型手持嵌入式系统将发挥巨大的作用。自动控制领域,不仅可以用于 ATM 机、自动售货机、工业控制等专用设备,而且和移动通信设备、GPS、娱乐相结合,嵌入式系统同样可以发挥巨大的作用。长虹推出的 ADSL 产品,结合网络,控制,信息,这种智能化,网络化将是家电发展的新趋势。

硬件方面,不仅有各大公司的微处理器芯片,还有用于学习和研发的各种配套开发包。目前低层系统和硬件平台经过若干年的研究,已经相对比较成熟,实现各种功能的芯片应有尽有。而且巨大的市场需求提供了学习研发的资金和技术力量。

从软件方面讲,也有相当部分的成熟软件系统。国外商品化的嵌入式实时操作系统,已进入中国市场的有 WindRiver、Microsoft、QNX 和 Nuclear 等产品。中国自主开发的嵌入式系统软件产品有科银(CoreTek)公司的嵌入式软件开发平台 Delta System 和中国科学院推出的 Hopen 嵌入式操作系统等。由于是研究热点,所以可以在网上找到各种各样的免费资源,从各大厂商的开发文档到各种驱动、程序源代码,甚至很多厂商还提供微处理器的样片,这对于从事这方面的研发无疑是个资源宝库。对于软件设计来说,不管是上手还是进一步开发都相对来说比较容易,有利于发挥大家的积极创造性。

2. 嵌入式系统的发展趋势

信息时代、数字时代使得嵌入式产品获得了巨大的发展契机,为嵌入式市场展现了美好的前景,同时也对嵌入式生产厂商提出了新的挑战,从中可以看出未来嵌入式系统的几大发展趋势。

(1)嵌入式开发是一项系统工程,因此要求嵌入式系统厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身,同时还需要提供强大的硬件开发工具和软件包支持。目前很多厂商已经充分考虑到这一点,在主推系统的同时,将开发环境也作为重点推广。例如,三星在推广 ARM7、ARM9 芯片的同时还提供开发板和板级支持包(BSP),而 Windows CE 在主推系统时也提供 Embedded VC++作为开发工具,还有 Vxworks 的 Tornado 开发环境,Delta OS 的 Limda 编译环境等都是这一趋势的典型体现。

(2)网络化、信息化的要求随着因特网技术的成熟、带宽的提高而日益提高,使得以往单一功能的设备如电话、手机、冰箱、微波炉等功能不再单一,结构更加复杂。这就要求芯片设计厂商在芯片上集成更多的功能,为了满足应用功能的升级,设计师一方面采用更强大的嵌入式处理器,如 32 位、64 位 RISC 芯片或信号处理器 DSP 增强处理能力,同时增加功能接口,如 USB,扩展总线类型,如 CAN 总线,加强对多媒体、图形等的处理,逐步实施片上系统



(SOC)的概念。软件方面采用实时多任务编程技术和交叉开发工具技术,控制功能复杂性,简化应用程序设计、保障软件质量和缩短开发周期。

(3)网络互联成为必然趋势。未来的嵌入式设备为了适应网络发展的要求,必然要求硬件上提供各种网络通信接口。传统的单片机对于网络支持不足,而新一代的嵌入式处理器已经开始内嵌网络接口,除了支持 TCP/IP 协议,还支持 IEEE1394、USB、CAN、Bluetooth 或 IrDA 通信接口中的一种或者几种,同时也需要提供相应的通信组网协议软件和物理层驱动软件。软件方面系统内核支持网络模块,甚至可以在设备上嵌入 Web 浏览器,真正实现随时随地用各种设备上网。

(4)精简系统内核、算法,降低功耗和软硬件成本。未来的嵌入式产品是软硬件紧密结合的设备,为了减低功耗和成本,需要设计者尽量精简系统内核,只保留和系统功能紧密相关的软硬件,利用最低的资源实现最适当的功能,这就要求设计者选用最佳的编程模型和不断改进算法,优化编译器性能。因此,既需要软件人员有丰富的硬件知识,又需要发展先进嵌入式软件技术,如 Java、Web 和 WAP 等。

(5)提供友好的多媒体人机界面。嵌入式设备能与用户亲密接触,最重要的因素就是它能提供非常友好的用户界面。图像界面,灵活的控制方式,使得人们感觉嵌入式设备就像是一个熟悉的老朋友。这方面的要求使得嵌入式软件设计者要在图形界面、多媒体技术上痛下苦功。手写文字输入、语音拨号上网、收发电子邮件以及彩色图形、图像都会使使用者获得自由的感受。目前一些先进的 PDA 在显示屏幕上已实现汉字写入、短消息语音发布,但一般的嵌入式设备距离这个要求还有很长的路要走。

问题与思考

问题 1 在物联网中嵌入式技术的作用是什么?

思考:

问题 2 嵌入式系统的应用领域是什么?

思考:

课堂体验

1. 讨论传感器技术在物联网中的应用

本环节由教师组织学生进行,教师向学生提供几类传感器,学生根据前面所学知识对传感器采集的信息进行分析,并对传感器进行分类。如电阻式、电容式、电感式、光电式、压电式、霍尔式等。

2. 讨论 RFID 技术在物联网中的应用

本环节由教师组织学生进行,教师向学生介绍几类 RFID 应用场景,学生根据前面所学知识对 RFID 的工作原理进行分析讨论。

模块三

物联网通信技术

模块导读

通信技术是物联网技术的中枢，对应于物联网体系结构的网络层，其主要功能是信息的传输，是物联网工作的基础。离开通信技术，就谈不上联网，更不会有物联网。有了通信技术，物联网感知的大量信息就可以有效地交换与共享，也就能利用这些信息产生丰富的物联网应用。物联网通信包含有线和无线通信技术，而最能体现物联网特征的是无线通信技术，也是本模块讲解的重点。物联网通信技术所涉及的内容主要包括互联网技术、移动通信技术、短距离无线通信技术、无线传感器网络技术等，本模块主要针对这些技术的基本知识进行教学，使读者对物联网通信技术有一个基本的认识 and 了解。

学习单元一 互联网技术

引言

互联网的出现是人类通信技术的一次革命。然而,如果仅仅从技术的角度来理解互联网的意义显然远远不够,互联网的发展早已超越了当初研发时的军事和技术目的,几乎从一开始就是为人类的交流服务的。

一、互联网概述

互联网,即广域网、局域网及计算机按照一定的通信协议组成的国际计算机网络。互联网是将两台计算机或者是两台以上的计算机终端、客户端、服务端通过计算机信息技术的手段互相联系起来的结果,人们可以与远在千里之外的朋友相互发送邮件,共同完成一项工作或一起娱乐。

1. 互联网的形成和发展

互联网是由使用公用语言互相通信的计算机连接而成的全球网络,最早起源于美国国防部高级计划研究署(advanced research projects agency, ARPA)支持的用于军事目的的计算机实验网络 ARPANET。

互联网技术大体上经历了三个时间阶段的演进,但这三个阶段在时间划分上并非截然分开而是有部分重叠的,网络的演进是逐渐的而不是突然的。互联网的发展历程如下。

1) 第一阶段

互联网始于 1969 年,美国军方在 ARPA 制定的协定下将美国西南部加利福尼亚大学洛杉矶分校、斯坦福大学研究学院、加利福尼亚大学和犹他州大学的四台主要的计算机连接起来。1983 年,美国国防部将 ARPANET 分为军网和民网,渐渐扩大为现在的互联网,之后有越来越多的公司加入。

由于 TCP/IP 体系结构的发展,互联网在 20 世纪 70 年代的时候迅速发展起来,这个体系结构最初是由鲍勃·卡恩提出来的,然后由其他人进一步发展完善。20 世纪 80 年代,美国国防部采用了这个结构,到 1983 年,世界各国普遍采用了这个体系结构,从而得到了全世界的认可。

2) 第二阶段

1978,UUCP(UNIX 和 UNIX 拷贝协议)在贝尔实验室被提出来,1979 年,在 UUCP 的基础上新闻组网络系统发展起来,为在全世界范围内交换信息提供了一个新的方法。

同样,BITNET(一种连接世界教育单位的计算机网络)连接到世界教育组织的 IBM 大型机上,1981 年开始提供邮件服务,Listserv 软件 and 后来的其他软件被开发出来用于服务这个网络,网关被开发出来用于 BITNET 和互联网的连接,同时提供电子邮件传递和邮件讨论列表。这些 Listserv 软件和其他的邮件讨论列表形成了互联网发展中的又一个重要部分。

第一个检索互联网的成就是在 1989 年被发明出来,是由 Peter Deutsch 和他的全体成员创造的,他们为 FTP 站点建立了一个档案,后来命名为 Archie。这个软件能周期性地到达所有开放的文件下载站点,列出他们的文件并且建立一个可以检索的软件索引。检索



Archie 命令是 UNIX 命令,所以只有利用 UNIX 知识才能充分利用它的性能。

大约在同一时期,Brewster Kahle 在智能计算机公司(Thinking Machines)发明了 WAIS(广域网信息服务),能够检索一个数据库下所有文件,并允许文件检索。在它的高峰期,智能计算机公司维护着在全世界范围内能被 WAIS 检索的超过 600 个数据库的线索,包括所有在新闻组里的常见问题文件和所有正在开发中的用于网络标准的论文文档等。和 Archie 一样,WAIS 的接口并不是很直观,所以要想很好地利用它也得花费很大的工夫。

3) 第三阶段

1991 年,第一个连接互联网的友好接口在明尼苏达大学被开发出来。当时学校想开发一个简单的菜单系统,可以通过局域网访问学校校园网上的文件和信息,客户-服务器体系结构的倡导者很快做了一个先进的示范系统,这个示范系统称为 Gopher。Gopher 被证明是非常好用的,之后的几年里全世界范围内出现 10 000 多个 Gopher,它不需要 UNIX 和计算机体系结构的知识,在一个 Gopher 里只需要敲入一个数字选择想要的菜单选项即可。当内华达州立大学的 Reno 创造了 VERONICA(通过 Gopher 使用的一种自动检索服务),Gopher 的可用性大大加强了。VERONICA 是 VeryEasy Rodent-Oriented Netwide Index to Computerized Archives 的简称。遍布世界的 Gopher 像网一样搜集网络链接和索引。类似单用户的索引软件也被开发出来,称为 JUGHEAD(Jonays Universal Gopher Hierachy Excavation And Display)。

1989 年,欧洲粒子物理实验室的 Tim Berners 和他的团队成员提出了一个分类互联网信息的协议。这个协议在 1991 年后被称为 World Wide Web,基于超文本协议——在一个文字中嵌入另一段文字的连接系统,阅读这些页面的时候,可以随时用它们选择一段文字链接。

由于互联网最早是由政府部门投资建设的,所以它最初只限于研究部门、学校和政府部门使用,除了以直接服务于研究部门和学校的商业应用之外,其他的商业行为是不允许的。20 世纪 90 年代初,当独立的商业网络开始发展起来,这种局面才被打破,这使得从一个商业站点发送信息到另一个商业站点而不经政府资助的网络中枢成为可能。

随着微软全面进入浏览器、服务器和互联网服务提供商(ISP)市场,成为了基于互联网的商业公司。1998 年 6 月,微软的浏览器和 Windows 98 集成并应用于桌面电脑,显示出在迅速成长的互联网上投资的决心。从此互联网进入了迅速发展壮大的时期,在线销售迅速成长,商业走进互联网的舞台。

如今的互联网技术自发明以来已经走过了 40 多个年头,互联网已经进入千家万户。今天的互联网上活跃着黑客攻击、多媒体音视频下载应用、移动应用等多种元素,为了解决这些新元素给互联网带来的问题,美国的计算机科学家们已经开始考虑修改互联网的整体结构,这些措施涉及 IP 地址、路由表技术以及互联网安全等多方面的内容。

对于互联网未来的发展趋势,业界存在几个普遍公认的观点。

(1) 互联网的用户数量将进一步增加。很显然,2020 年以前会有更多的人投身到互联网中。据美国国家科学基金会(National Science Foundation)预测,2020 年前全球互联网用户将增加到 50 亿。

(2) 互联网在全球的分布状况将日趋分散。在接下来的 10 年里,互联网发展最快的地区将会是发展中国家。据互联网世界(internet world)的统计数据显示,目前互联网普及率最低的是非洲地区,仅 6.8%,其次是亚洲(19.4%)和中东地区(28.3%),相比之下,北美地区的普及率则达到了 74.2%。这表明未来互联网将在地球上的更多地区发展壮大,而且所支持的语种也将更为丰富。

(3) 电子计算机将不再是互联网的中心设备。未来的互联网将摆脱目前以计算机为中心的形象,越来越多的城市基础设施等设备将被连接到互联网上。据美国中央情报局(CIA)公布的 2009 年版世界统计年鉴(CIA World Factbook 2009)显示,目前连接在互联网上的计算机主机大概有 5.75 亿台,但据美国国家科学基金会预计,未来会有数十亿个安装在楼宇建筑、桥梁等设施内部的传感器将被连接到互联网上,人们将使用这些传感器来监控电力运行和安保状况等。到 2020 年以前,预计被连接到互联网上的这些传感器的数量将远远超过计算机的数量。

(4) 互联网的数据传输量激增。由于高清视频和图片的日益流行,互联网上传输的数据量出现了飞速增长,而且不少在线视频网站的流行程度还会进一步增加。为此,研究人员已经开始考虑将互联网应用转为以多媒体内容传输为中心,而不再仅仅是一个简单的数据传输网络。

(5) 互联网将最终走向无线化。目前移动宽带网的用户已经呈现出爆发式增长的迹象,而亚洲地区是无线宽带网用户最多的地区,不过用户增长率最强劲的地区则是在拉丁美洲地区。到 2014 年,全球无线宽带网的用户数量将提升到 25 亿左右。

(6) 互联网将出现更多基于云技术的服务项目。互联网专家们均认为未来的计算服务将通过云计算的形式提供。

(7) 互联网将更为节能环保。目前的互联网技术在能量消耗方面并不理想,未来的互联网技术必须在能效性方面有所突破。据专家预计,随着能源价格的攀升,互联网的能效性和环保性将进一步增加,以减少成本支出。

(8) 互联网的网络管理将更加自动化。除了安全方面的漏洞之外,目前的互联网技术最大的不足便是缺乏一套内建的网络管理技术,如自诊断协议、自动重启系统技术、更精细的网络数据采集、网络事件跟踪技术等。

(9) 互联网技术对网络信号质量的要求将降低。随着越来越多无线网用户和偏远地区用户的加入,互联网的基础架构也将发生变化,将不再采取用户必须随时与网络保持连接状态的设定。相反,许多研究者已经开始研究允许网络延迟较大或可以利用其他用户将数据传输到某位用户那里的互联网技术,这种技术对移动互联网的意义尤其重大。部分研究者甚至已经开始研究可用于在行星之间互传网络信号的技术,而高延迟互联网技术则正好可以发挥其威力。

(10) 互联网将吸引更多的黑客。2020 年,由于接入互联网的设备种类增多,心怀不轨的黑客数量也将大为增加,未来的黑客技术将向高端化,复杂化,普遍化的趋势发展。

2. 互联网的结构形式

互联网的拓扑结构虽然很复杂,并且在地理上覆盖了全球,但从其工作方式上看,可以划分为边缘部分和核心部分两大块。



1) 互联网的边缘部分

互联网的边缘部分是由所有连接在互联网上的主机组成,这部分是用户直接使用的,用来进行通信(传送数据、音频和视频)和资源共享。这些主机又称为端系统(end system),“端”就是“末端”的意思,即互联网的末端。端系统在功能上可能有很大的差别,小的端系统可以是一台普通个人电脑甚至是很小的掌上电脑,而大的端系统则可以是一台非常昂贵的大型计算机。端系统的拥有者可以是个人,也可以是单位(如学校、企业、政府机关等),当然也可以是某个ISP(即ISP不仅仅是向端系统提供服务,也可以拥有一些端系统)。边缘部分利用核心部分所提供的服务,使众多主机之间能够相互通信并交换和共享信息。

(1)客户/服务器方式。客户服务器(client/server,C/S)方式在互联网上是最常用的,也是最传统的方式。在上网发送电子邮件或在网站上查找资料时,都是使用客户/服务器方式,浏览器/服务器(browser/server,B/S)是C/S方式的一种特例。

(2)对等连接方式。对等连接(peer-to-peer,P2P)是指两主机在通信时并不区分服务请求方还是服务提供方,只要两个主机都运行了对等连接软件(P2P软件),就可以进行对等连接通信。这时,双方都可以下载对方已经存储在硬盘中的共享文档,因此这种工作方式也称为P2P文件共享,对等连接工作方式可支持大量对等用户(如上百万个)同时工作。

2) 互联网的核心部分

互联网的核心部分由大量网络和连接这些网络的路由器组成,这部分是为边缘部分提供服务的(提供连通性和交换)。网络核心部分是互联网中最复杂的部分,因为它们要向网络边缘部分中的大量主机提供连通性,使边缘部分中的任何一个主机都能向其他主机通信(传送和接收各种形式的数据)。

在网络核心部分中起特殊作用的是路由器,路由器是一种专用计算机(但不是主机),如果没有路由器,再多的网络也无法构建成互联网。路由器是实现分组交换的关键构件,其任务是转发收到的分组,这是网络核心部分最重要的功能。

路由器在互联网中的任务是实现电路交换和分组交换。

(1) 电路交换。

从通信资源的分配角度来看,交换就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。在使用电路交换打电话之前,必须先拨号建立连接。当拨号的信令通过许多交换机到达被叫用户所连接的交换机时,该交换机就向被叫用户的电话机振铃。在被叫用户摘机且摘机信令传回到主叫用户所连接的交换机后,呼叫即完成。这时,从主叫端到被叫端就建立起了一条连接(物理通信),这条连接占用了双方通信时所需的通信资源,而这些资源在双方通信时不会被其他用户占用,此后主叫和被叫双方才能互相通话。正是因为这个特点,电路交换对端到端的通信质量有可靠的保障。通话完毕挂机后,挂机信令告诉这些交换机,使交换机释放刚才使用的这条物理通路,即归还刚才占用的所有通信资源。这种必须经过“建立连接(分配通信资源)—通话(占用通信资源)—释放连接(归还通信资源)”三个步骤的交换方式称为电路交换。

当使用电路交换来传送计算机数据时,其线路的传输效率往往很低,这是因为计算机数据是突发式地出现在传输线路上,因此线路上真正用来传送数据的时间往往不到10%甚至1%,实际上,已被用户占用的通信线路在绝大部分时间里都是空闲的。例如,当用户阅读终

端屏幕上的信息或用键盘输入和编辑一份文件时,或计算机正在进行处理结果尚未返回时,宝贵的通信线路资源并未被利用而是白白被浪费了。

(2) 分组交换。

分组交换采用存储转发技术。通常把要发送的整块数据称为一个报文(message)。在发送报文之前,先把较长的报文划分为一个个更小的等长数据段,在每一个数据段前面加上一些必要的控制信息首部(header)后,就构成了一个分组(packet)。分组又称为“包”,而分组的首部也可称为“包头”,分组是在互联网中传送的数据单元。分组中的首部是非常重要的,正是由于分组的首部包含了诸如目的地址和源地址等重要控制信息,每一个分组才能在互联网中独立地选择传输路径。

主机和路由器都是计算机,但它们的作用不一样。主机是为用户进行信息处理的,并且可以和其他主机通过网络交换信息;路由器则是用来转发分组的,即进行分组交换。

路由器收到一个分组,先暂时存储下来,再检查其首部,查找转发表,按照首部中目的地址找到合适的接口转发出去,把分组交给下一个路由器。这样一步步(有时会经过几十个不同的路由器)以存储转发的方式,把分组交付到最终的目的主机。各路由器之间必须经常交换彼此掌握的路由信息,以便创建和维持在路由器中的转发表,使得转发表能够在整个网络拓扑发生变化时及时更新。

3. 互联网接入技术

互联网接入技术很多,目前正在广泛应用的宽带接入技术具有不可比拟的优势和强劲的生命力。宽带是一个相对于窄带而言的电信术语,为动态指标,用于度量用户享用的业务带宽,目前国际还没有统一的定义。一般而论,宽带是用户接入传输速率达到 2 Mb/s 及以上,可以提供 24 小时在线的网络基础设施和服务。

宽带接入技术主要包括以现有电话网铜线为基础的 xDSL 接入技术、以有线电视为基础的混合光纤同轴(HFC)接入技术、以太网接入技术、光纤接入技术等多种有线接入技术以及无线接入技术。这些互联网主要接入技术的部分典型特征见表 3-1。

表 3-1 互联网主要接入技术部分典型特征一览表

互联网接入技术	客户端所需主要设备	接入网主要传输媒介	传输速率/(b/s)	窄带/宽带	有线/无线	特 点
ADSL(xDSL)	ADSL Modem、ADSL 路由器、网卡、Hub	电话线	上行 1 M 下行 8 M	宽带	有线	安装方便,操作简单,无须拨号; 利用现有的电话线路,上网打电话两不误; 提供各种宽带服务,费用适中,速度快; 受距离影响(3~5 km); 对线路质量要求高,适应天气能力差

续表

互联网接入技术		客户端所需主要设备	接入网主要传输媒介	传输速率/(b/s)	窄带/宽带	有线/无线	特 点
以太网接入及高速以太网接入		以太网接口卡、交换机	五类双绞线	10 M 100 M 1 000 M 1 G 10 G	宽带	有线	成本适当,速度快,技术成熟;结构简单,稳定性高,可扩充性好; 不能利用现有的电信线路,要重新铺设线缆
HFC 接入		Cable Modem、机顶盒	光纤+同轴电缆	上行 320 k~10 M 下行 27 M 和 36 M	宽带	有线	利用现有有线电视网; 速度快,是相对比较经济的方式; 信道带宽由整个社区用户共享,用户数增多,带宽就会急剧下降; 安全上有缺陷,易被剽窃,适用于用户密集型小区
光纤 FTTx 接入		光分配单元 ODU、交换机、网卡	光纤同轴(引入线)	10 M 100 M 1 000 M 1 G	宽带	有线	带宽大,速度快,通信质量高; 网络升级性能好,用户接入简单; 提供双向实时业务的优势明显; 投资成本较高,无源光节点损耗大
无线接入	卫星通信	卫星天线和卫星接收 Modem	卫星链路	依频段、卫星、技术而变	兼有	无线	方便,灵活; 具有一定程度的终端移动性; 投资少,建网周期短,提供业务快; 可以提供多种媒体宽带服务; 占用无线频谱,易受干扰和气候影响; 传输质量不如光缆等有线方式; 移动宽带业务接入技术尚不成熟
	LMDS	基站设备 BSE 室外单元、室内单元、无线网卡	高频微波	上行 1.544 M 下行 51.8~155.52 M	宽带		
	移动无线接入	移动终端	无线介质	19.2 k 144 k 384 k 2 M	窄带		

总之,各种接入方式都有其自身的优势和劣势,不同用户应该根据自己的实际情况做出合理选择。目前还出现了两种方式综合接入的趋势,如 FTTx+ADSL、FTTx+HFC、ADSL+WLAN(无线局域网)、FTTx+LAN 等。

1)ADSL 接入

非对称数字用户环路(asymmetric digital subscriber line,ADSL)是一种数据传输方式,它因为上行和下行带宽不对称,因此称为非对称数字用户线环路。ADSL 采用频分复用技术把普通的电话线分成了电话、上行和下行三个相对独立的信道,从而避免了相互之间的干扰,即使边打电话边上网,也不会发生上网速率和通话质量下降的情况。ADSL 技术为家庭和小型业务提供了高速接入互联网的方式。

传统的电话线系统使用的是铜线的低频部分(4 kHz 以下频段),而 ADSL 采用离散多音频(DMT)技术,将原来电话线路 40 kHz~1.1 MHz 频段划分成 256 个频宽为 4.312 5 kHz 的子频带。其中,4 kHz 以下频段仍用于传送 POTS(传统电话业务),20~138 kHz 的频段用来传送上行信号,138 kHz~1.1 MHz 的频段用来传送下行信号。DMT 技术可以根据线路的情况调整在每个信道上所调制的比特数,以便充分地利用线路。一般来说,子信道的信噪比越大,在该信道上调制的比特数越多,如果某个子信道信噪比很差,则弃之不用。目前,ADSL 可达到上行 640 kb/s、下行 8 Mb/s 的数据传输率。

由上可以看到,对于原先的电话信号而言,仍使用原先的频带,而基于 ADSL 的业务,使用的是话音以外的频带,所以,原先的电话业务不受任何影响。

ADSL 接入的主要特点如下。

- (1)一条电话线可同时接听、拨打电话并进行数据传输,两者互不影响。
- (2)虽然使用的还是原来的电话线,但 ADSL 传输的数据并不通过电话交换机,所以 ADSL 上网不需要缴付额外的电话费,节省了费用。
- (3)ADSL 的数据传输速率是根据线路的情况自动调整的,它以“尽力而为”的方式进行数据传输。

2)HFC 接入

混合光纤同轴电缆网(hybrid fiber coaxial,HFC)是一种经济实用的综合数字服务宽带网接入技术。HFC 通常由光纤干线、同轴电缆支线和用户配线网络三部分组成,从有线电视台出来的节目信号先变成光信号在干线上传输,到用户区域后把光信号转换成电信号,经分配器分配后通过同轴电缆送到用户。HFC 与早期 CATV 同轴电缆网络的不同之处主要在于它是在干线上用光纤传输光信号,在前端需完成电—光转换,进入用户区后要完成光—电转换。

HFC 传输容量大,易实现双向传输,从理论上讲,一对光纤可同时传送 150 万路电话或 2 000 套电视节目;频率特性好,在有线电视传输带宽内无须均衡;传输损耗小,可延长有线电视的传输距离,25 km 内无须中继放大;光纤间不会有串音现象,不怕电磁干扰,能确保信号的传输质量。同传统的 CATV 网络相比,HFC 的网络拓扑结构也有些不同:第一,光纤干线采用星形或环状结构;第二,支线和配线网络的同轴电缆部分采用树状或总线式结构;第三,整个网络按照光节点划分成一个服务区;第四,这种网络结构可满足为用户提供多种业务服务的要求。

随着数字通信技术的发展,特别是高速宽带通信时代的到来,HFC 已成为现在和未来



一段时期内宽带接入的最佳选择,因而 HFC 又被赋予新的含义,特指利用混合光纤同轴来进行双向宽带通信的 CATV 网络。

HFC 网络能够传输的带宽为 750~860 MHz,少数达到 1 GHz。根据原邮电部 1996 年意见,其中 5~42(65) MHz 频段为上行信号占用,50~550 MHz 频段用来传输传统的模拟电视节目和立体声广播,650~750 MHz 频段传送数字电视节目、VOD 等,750 MHz 以上的频段留着以后技术发展用。

3) 光纤接入

光纤接入技术是指在接入网中全部或部分采用光纤传输介质,构成光纤用户环路(fiber in the loop, FITL),实现用户高性能宽带接入的一种方案。

光纤接入网(optical access network, OAN)是指在接入网中用光纤作为主要传输媒介来实现信息传输的网络形式,它不是传统意义上的光纤传输系统,而是针对接入网环境所专门设计的光纤传输网络。

由于光纤接入网使用的传输媒介是光纤,因此根据光纤深入用户群的程度,可将光纤接入网分为 FTTC(光纤到路边)、FTTZ(光纤到小区)、FTTB(光纤到大楼)、FTTO(光纤到办公室)和 FTTH(光纤到户),它们统称为 FTTx。FTTx 不是具体的接入技术,而是光纤在接入网中的推进程度或使用策略。

4) 无线接入

无线接入技术是指从业务节点到用户终端之间的全部或部分传输设施采用无线手段,向用户提供固定和移动接入服务的技术。采用无线通信技术将各用户终端接入到核心网的系统,或者是在市话端局或远端交换模块以下的用户网络部分采用无线通信技术的系统都称为无线接入系统。由无线接入系统所构成的用户接入网称为无线接入网。

无线接入按接入方式和终端特征通常分为固定无线接入和移动无线接入两大类。

固定无线接入指从业务节点到固定用户终端采用无线接入的接入方式,用户终端不含或仅含有限的移动性。此方式是用户上网浏览及传输大量数据时的必然选择,主要包括卫星、微波、扩频微波、无线光传输和特高频等。

移动无线接入指用户终端移动时的接入,包括移动蜂窝通信网(GSM、CDMA、TD-MA)、无线寻呼网、无绳电话网、集群电话网、卫星全球移动通信网以及个人通信网,是当前接入研究和应用中非常活跃的一个领域。

4. 互联网的分层结构

计算机网络是一个非常复杂的系统,为了使不同体系结构的计算机网络都能互联,国际标准化组织 ISO 于 1977 年成立了专门机构研究该问题。他们提出著名的开放式系统互联基本参考模型 OSI/RM(open systems interconnection reference model),简称为 OSI,也就是所谓七层协议的体系结构。因此只要遵循 OSI 标准,一个系统就可以和位于世界上任何地方的、遵循着同一标准的其他任何系统进行通信。

OSI 试图达到一种理想境界,即全世界的计算机网络都遵循这个统一的标准,从而使全世界的计算机能够很方便地进行互联和交换数据。但由于互联网已抢先在全世界范围覆盖了相当大的范围,而互联网并未使用 OSI 标准,得到最广泛应用的不是法律上的国际标准 OSI,而是非国际标准 TCP/IP。这样,TCP/IP 就常被称为事实上的国际标准。

OSI 七层协议体系结构的概念清楚,理论也较完整,但既复杂又不实用。TCP/IP 体系

结构则不同,现在得到了非常广泛的应用。如同 OSI 参考模型,TCP/IP 也是一种分层模型,它是由基于硬件层次上的四个概念性层次构成,即网络接口层、IP 层、传输层、应用层。

OSI 的体系结构和 TCP/IP 的体系结构见表 3-2。

表 3-2 OSI 的体系结构和 TCP/IP 的体系结构

OSI 体系结构	TCP/IP 体系结构
应用层	应用层
表示层	
会话层	
传输层	传输层
网络层	IP 层
数据链路层	网络接口层
物理层	

(1)网络接口层。网络接口层也称数据链路层,这是 TCP/IP 最底层,功能是负责接收 IP 数据报并发送至选定的网络。

(2)IP 层。IP 层处理机器之间的通信,功能是接收来自传输层的请求,将带有目的地址的分组发送出去,将分组封装到数据报中,填入数据报头,使用路由算法以决定是直接将数据报传送至目的主机还是传给路由器,然后把数据报送至相应的网络接口来传送。互联网由大量的异构网络通过路由相互连接起来。互联网主要的网络协议是无连接的网际协议 IP 和许多路由选择协议,因此互联网的 IP 层也称为网际层或网络层。

(3)传输层。传输层是提供应用层之间的通信,即端到端的通信,功能是管理信息流,提供可靠的传输服务,以确保数据无差错地按序到达。

(4)应用层。应用层是体系结构中的最高层,直接为用户的应用进程提供服务,这里的进程就是指正在进行的程序。互联网中的应用层协议很多,如支持万维网应用的 HTTP 协议,支持电子邮件的 SMTP 协议,支持文件传送的 FTP 协议等。

二、从互联网到物联网

互联网把世界上的个人计算机连接起来,开发出丰富的内容和成熟的应用,这些内容与应用针对的是坐在计算机网络两端人与人的信息交流。除了人与人,世界还包括了各种各样的物质和物体,人和物、物和物之间的信息交流催生了物联网的实现。

互联网和物联网是有区别的,互联网是一个虚拟的世界,人与人之间的交流只是信息和知识的交流。例如,要想在互联网上了解一个商品,必须要通过人去收集这个商品的信息,然后放置到互联网上供人们浏览,人们必须做很多的工作,并且难以动态地了解物品的变化;而物联网是通过在物体里面植入的各种微型芯片实现人与物体本体的直接相连,同时,物联网必须借助互联网才能实现信息的传递。

当物联网和传统网络结合后,世界的网络化进程发生了质的改变。因为物联网和已经出现的各种物理网络的发展有一个最本质的不同点,那就是二者发展的驱动力不同。之前



网络发展的驱动力是个人,因为这些网络改变的是人与人的交流方式,所以极大地激发了以个人为核心的创造力,而物联网的驱动力来自企业,物联网的实现可以促进企业改变商业运作模式,包括生产作业模式、供应链管理、产品追溯体制乃至组织管理等。

从技术层面上和传统的互联网相比,物联网也有其鲜明的特征。

(1)物联网是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器,每个传感器都是一个信息源,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性,按一定的频率周期性采集环境信息,不断更新数据。

(2)物联网是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网,通过各种有线和无线网络与互联网融合,将物体的信息实时准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数量极其庞大,形成了海量信息,在传输过程中为了保障数据的正确性和及时性,必须适应各种异构网络和协议。

(3)物联网不仅提供了传感器的连接,其本身也具有智能处理的能力,能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合,利用云计算、模式识别等各种智能技术,扩充其应用领域,从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理有意义的信息,以适应不同用户的需求,发现新的应用领域和应用模式。

在物联网应用中三项关键技术。

(1)传感器技术。传感器技术是计算机应用中的关键技术,绝大部分计算机处理的都是数字信号,计算机需要传感器把模拟信号转换成数字信号,这样计算机才能处理。

(2)RFID 标签。RFID 标签也是一种传感器技术,是融合了无线射频技术和嵌入式技术的综合技术,在自动识别、物品物流管理方面有着广阔的应用前景。

(3)嵌入式系统技术。嵌入式系统技术是综合了计算机软硬件、传感器技术、集成电路技术、电子应用技术的复杂技术。经过几十年的演变,以嵌入式系统为特征的智能终端产品随处可见,小到人们身边的 MP3,大到航天航空的卫星系统,嵌入式系统正在改变着人们的生活,推动着工业生产以及国防工业的发展。如果把物联网比作一个人体,则传感器相当于人的眼睛、鼻子、皮肤等感官,通信网络就是神经系统用来传递信息,嵌入式系统则是人的大脑,在接收到信息后进行分类处理。这个例子很形象地描述了传感器、嵌入式系统在物联网中的位置与作用。

从本质上而言,无论是互联网还是物联网,都是通过人与机器、机器与机器的交互,最终服务于人类,实现广义范围上的人与人之间的信息交互。

三、IPv6 与物联网

作为互联网的一种延伸,将来成型的物联网将基于现有的互联网实现各种物与物、物与人之间的智能通信。可以想象,物联网将要联系的对象包括人们日常生活中的各种事物(人也包括在内),其数量之庞大是现有的互联网节点数量所不能比拟的,为了实现这些事物之间的有效通信,物联网必须为每个接入的对象设定唯一的标志,提供统一的通信平台。这一点让人们自然地联想到了下一代互联网通信协议 IPv6。

IPv6(internet protocol version 6)是互联网工程任务组(internet engineering task

force, IETF)设计的,用于替代现行版本 IP 协议(IPv4)的下一代 IP 协议。目前全球互联网所采用的协议族是 TCP/IP 协议族中网络层的协议,而 IP 是 TCP/IP 协议族中网络层的协议,是 TCP/IP 协议族的核心协议。IPv6 正处在不断发展和完善的过程中,它在不久的将来将取代目前被广泛使用的 IPv4,每个人将拥有更多 IP 地址。

之所以要推出 IPv6,一方面是由于现行 IPv4 地址资源数量极其有限,早已面临枯竭的危险;另一方面是随着电子技术及网络技术的发展,计算机网络将进入人们的日常生活,可能身边的每一样东西都需要连入互联网。在这样的环境下,IPv6 应运而生。单从数量级上来说,IPv6 所拥有的地址容量约是 IPv4 的 8×10^{28} 倍,达到 2^{128} (算上全零的)个,这不但解决了网络地址资源数量的问题,同时也为除电脑外的设备连入互联网在数量限制上扫清了障碍。

与 IPv4 一样,IPv6 一样会造成大量的 IP 地址浪费,准确地说,使用 IPv6 的网络并没有 2^{128} 个能充分利用的地址。首先,要实现 IP 地址的自动配置,局域网所使用的子网的前缀必须等于 64,但是很少有一个局域网能容纳 2^{64} 个网络终端;其次,由于 IPv6 的地址分配必须遵循聚类的原则,地址的浪费在所难免。

但是,如果说 IPv4 实现的只是人机对话,IPv6 则扩展到任意事物之间的对话,它不仅可以为人类服务,还将服务于众多硬件设备,如家用电器、传感器、远程照相机、汽车等,它将是无时不在、无处不在地深入社会每个角落的真正宽带网,而且它所带来的经济效益将非常巨大。

当然,IPv6 并非十全十美,不可能一劳永逸解决所有问题,IPv6 只能在发展中不断完善,也不可能在一夜之间改变。过渡需要时间和成本,但从长远看,IPv6 有利于物联网的持续和长久发展。目前,国际互联网组织已经决定成立两个专门工作组,制定相应的国际标准。

1. IPv6 对物联网的支持与不足

1) IPv6 在物联网寻址中的优势

物联网由众多的节点连接构成,无论是采用自组织方式,还是采用现有的公众网进行连接,这些节点之间的通信必然牵涉到寻址问题。美国权威咨询机构 Forrester 预测,2020 年,世界物物互联的业务跟人与人通信的业务相比将达到 30:1,仅仅在智能电网和机场防入侵系统方面的市场就有上千亿元。对于如此大的市场需求,不难预测物联网将要承载的对象数量多么庞大,而要实现如此庞大数量的对象之间的有效通信,寻址绝不是一个简单的问题。

目前物联网的寻址系统可以采用两种方式。一种方式是采用基于 E. 164 电话号码编址的寻址方式,另一种方式是直接采用 IPv4 地址的寻址体系来进行物联网节点寻址。

IPv6 拥有巨大的地址空间,同时 128 位的 IPv6 地址被划分两部分,即地址前缀和接口地址。与 IPv4 地址划分不同的是,IPv6 地址的划分严格按照地址的位数来进行,而不采用 IPv4 中的子网掩码来区分网络号和主机号。IPv6 地址的前 64 位被定义为地址前缀,地址前缀用来表示该地址所属的子网络,即地址前缀用来在整个 IPv6 网络中进行路由;而地址的后 64 位被定义为接口地址,接口地址用来在子网络中标识节点。在物联网应用中可以使



用 IPv6 地址中的接口地址来标识节点,在同一子网络下可以标识 264 个节点。IPv6 地址约有 185 亿亿个地址空间,这样的地址空间完全可以满足标识的需要。

IPv6 采用了无状态地址分配的方案来解决高效率海量地址分配的问题,其基本的思想是网络侧不管理 IPv6 地址的状态(如节点应该使用什么样的地址、地址的有效期有多长),且基本不参与地址的分配过程。采用无状态地址分配之后,网络侧不再需要保存节点的地址状态、维护地址的更新周期,这大大简化了地址分配的过程,可以以很低的资源消耗来达到海量地址分配的目的。

2) IPv6 对物联网节点移动的支持

物联网所要的物与物之间的通信基本上是基于无线传感器技术的,也就是说物联网相对于传统的互联网而言,对移动通信性能有了更高的要求。物联网是一个瞬息万变的网络,而事实上,将来主宰物联网世界的必定是如今的移动通信服务供应商。

目前互联网移动性的不足造成了物联网移动能力的瓶颈。IPv4 协议在设计之初并没有充分考虑到节点移动性带来的路由问题,即当一个节点离开它原有的网络,如何保证这个节点访问可达性的问题。由于 IP 网络路由的聚合特性,在网络路由器中路由条目都是按子网来进行汇聚的,当节点离开原有网络,其原来的 IP 地址离开了该子网,而节点移动到目的子网后,网络、路由器设备的路由表中并没有该节点的路由信息(为了不破坏全网路由的汇聚,也不允许目的子网中存在移动节点的路由),会导致外部节点无法找到移动后的节点。因此,如何支持节点的移动能力是需要通过特殊机制实现的。在 IPv4 中 Internet 工程任务组提出了 MIPv4(移动 IP)的机制来支持节点的移动,但这样的机制引入了著名的三角路由问题。对于少量节点的移动,该问题引起的网络资源损耗较少,而对于大量节点的移动,特别是物联网中的特有节点群移动和层移动,会导致网络资源被迅速耗尽,使网络处于瘫痪的状态。

IPv6 协议设计之初就是充分考虑了对移动性的支持,针对移动 IPv4 网络中的三角路由问题,移动 IPv6 提出了相应的解决方案。

首先,从终端角度 IPv6 提出了 IP 地址绑定缓冲的概念,即 IPv6 协议栈在转发数据包之前需要查询 IPv6 数据包目的地址的绑定地址,如果查询到绑定缓冲中目的 IPv6 地址存在绑定的转交地址,则直接使用这个转交地址为数据包的目的地址,这样发送的数据流量就不会再经过移动节点的归属代理,而直接转发到移动节点本身。

其次,MIPv6 引入了探测节点移动的特殊方法,即某一区域的接入路由器以一定时间进行路由接口的前缀地址通告,当移动节点发现路由器前缀通告发生变化,则表明节点已经移动到新的接入区域,与此同时根据移动节点获得的通告,节点又可以生成新的转交地址,并注册到归属代理上。

MIPv6 的数据流量可以直接发送到移动节点,而 MIPv4 流量必须经过归属代理的转交。在物联网应用中,传感器有可能密集地部署在一个移动物体上,例如,为了监控地铁的运行参数等,需要在地铁车厢内部署许多传感器,从整体上看,地铁的移动就等同于一群传感器的移动,在移动过程中必然发生传感器的群体切换。在 MIPv4 的情况下,每个传感器都需要建立归属代理的隧道连接,这样对网络资源的消耗非常大,很容易导致网络资源

耗尽而瘫痪;在 MIPv6 的网络中,传感器进行群切换时只需要向归属代理注册,之后的通信完全在传感器和数据采集的设备之间直接进行,这样就可以使网络资源消耗的压力大大下降。因此,在大规模部署物联网应用特别是移动物联网应用时,MIPv6 是一项关键性的技术。

3) IPv6 在保证物联网网络质量中的优势

网络服务质量(Quality of Service, QoS)保证也是物联网发展过程中必须解决的问题。

目前在 IPv4 网络中实现 QoS 有两种技术,其一采用资源预留的方式,利用资源预留协议(RSVP)等协议为数据保留一定的网络资源,在数据包传递过程中保证其传输的质量;其二采用区分服务体系结构(DiffServ)技术,由 IP 包自身携带优先级标记,网络设备根据这些优先级标记来决定包的转发优先策略。目前 IPv4 网络中服务质量的划分基本是从流的类型出发,使用 DiffServ 来实现端到端服务质量保证,例如,视频业务有低丢包、时延、抖动的要求,给它分配较高的服务质量等级;数据业务对丢包、时延、抖动不敏感,就分配较低的服务质量等级。但这样的分配方式仅考虑了业务的网络侧质量的需求,没有考虑业务的应用侧质量需求,例如,一个普通视频业务对服务的需求可能比一个基于物联网传感的手术应用对服务质量的需求要低。因此,物联网中的服务质量保障必须与具体的应用相结合。

在 QoS 保障方面,IPv6 在其数据包结构中定义了流量类别字段和流标签字段。流量类别字段有 8 位,和 IPv4 的服务类型(ToS)字段功能相同,用于对报文的业务类别进行标识;流标签字段有 20 位,用于标识属于同一业务流的包。流标签和源、目的地址一起,唯一标识了一个业务流,同一个流中的所有包具有相同的流标签,以便对有同样 QoS 要求的流进行快速、相同的处理。

当然 IPv6 的 QoS 特性并不完善,由于使用的流标签位于 IPv6 包头,容易被伪造,产生服务盗用的安全问题,因此在 IPv6 中流标签的应用需要开发相应的认证加密机制。同时为了避免标签使用过程中的发生冲突,还要增加源头节点的流标签使用控制机制,保证在流标签使用中不会被误用。

4) IPv6 在物联网安全中的优势

由于物联网节点限于成本约束很多都是基于简单硬件的,不可能处理复杂的应用层加密算法,同时节点的可靠性也不可能做到很高,其可靠性主要还是依靠多节点冗余来保证,因此,靠传统的应用层加密技术和网络冗余技术很难满足物联网的需求。

由于物联网应用中节点部署的方式比较复杂,节点可能通过有线方式或无线方式连接到网络,因此节点的安全保障的情况也比较复杂。在使用 IPv4 时,一个黑客可能通过在网络中扫描主机 IPv4 地址的方式来发现节点,并寻找相应的漏洞,而在使用 IPv6 时,由于同一个子网支持的节点数量极大(达到百亿亿数量级),黑客通过扫描的方式找到主机的难度大大增加。在基础协议栈的设计方面,IPv6 将 IPsec 协议嵌入到基础协议栈中,通信的两端可以启动 IPsec 加密通信过程,网络中的黑客不能采用中间人攻击的方法对通信过程进行破坏和劫持,即使黑客截取了节点的通信数据包,也会因为无法解码而不能窃取通信节点的信息。



由于成本限制,物联网应用中的节点通信比较简单,节点的可靠性也不可能做到太高,因此,物联网的可靠性要靠节点之间相互冗余来实现。此外,因为节点不可能实现复杂的冗余算法,因此一种较理想的冗余实现方式是采用网络侧的任播技术来实现节点之间的冗余。IPv6 地址长度为 128 B,地址按照其传输类型分为三种,即单播地址(unicast address)、多播地址(multicast address)和任播地址(anycast address)。单播地址和多播地址在 IPv4 中已经存在,任播地址是 IPv6 中新成员,其特点是发往一个任播地址的分组将被转发到由该地址标识的“最近”的一个网络接口(“最近”的定义是基于路由协议中的距离度量)。当一个“最近”节点发生故障时,网络侧的路由设备将会发现该节点的路由矢量不再是“最近”的,从而会将后续的通信流量转发到其他的节点,这样物联网的节点之间就自动实现了冗余保护的功能,而节点上基本不需要增加算法,只需要应答路由设备的路由查询,并返回简单信息给路由设备即可。

IPv6 具有很多适合物联网大规模应用的特性,虽然 IPv6 还有众多的技术细节需要完善,但从整体来看,使用 IPv6 不仅能够满足物联网的地址需求,同时还能满足物联网对节点移动性、节点冗余、基于流的服务质量保障的需求,很有希望成为物联网应用的基础网络技术。

5) IPv6 存在的问题。

IPv6 作为下一代 IP 网络协议,具有丰富的地址资源,能够支持动态路由机制,可以满足物联网对网络通信地址、网络自组织以及扩展性方面的需求,但目前也存在一些技术问题需要解决,如无状态地址分配中的安全问题、移动 IPv6 中的绑定缓冲安全更新问题、流标签的安全防护、全球任播技术的研究等。

由于 IPv6 协议栈过于庞大复杂,不能直接应用到传感器设备中,需要对 IPv6 协议栈和路由机制进行相应的精简,才能满足低功耗、低存储容量和低传送速率的需求。目前,相关标准化组织已开始积极推动精简 IPv6 协议栈的工作,例如, IETF 已成立了 6LoWPAN 和 RoLL 两个工作组织进行相关技术标准的研究工作,与传统方式相比,该技术标准能支持更大的节点组网,但对传感器节点功耗、存储、处理器能力要求更高,因而成本更高。另外,目前基于 IEEE 802.15.4 的网络射频芯片还有待进一步开发以支持精简 IPv6 协议栈。

2. 物联网对于 IPv6 的意义

物联网与 IPv6 各自的特点决定了它们之间必然产生紧密的联系,物联网构想的实现有赖于 IPv6 提供强大的支持,此外,物联网的普及必然会对 IPv6 的发展产生巨大的推动作用。

物联网的发展对于 IPv6 产生了很大的需求,可以说,IPv6 的发展将以物联网的发展为依托,从物联网的发展中获得自身发展的强大动力。随着物联网的不断发展壮大,IPv6 的范围也必将越来越广泛,最终超过 IPv4 的规模,从而逐步淘汰并取代原有的 IPv4 协议。因此,物联网的发展对于 IPv6 的发展也是具有非凡意义的,二者之间存在相互促进、相互推动的关系。

—— 问题与思考 ——

问题 1 物联网与互联网的关系是什么？

思考：.....
.....
.....
.....
.....

问题 2 简述 IPv6 与物联网的关系。

思考：.....
.....
.....
.....
.....

学习单元二 移动通信技术

引言

移动通信是指通信双方有一方或两方处于运动中的通信,也就是说,至少有一方具有可移动性,可以是移动台与移动台之间的通信,也可以是移动台与固定用户之间的通信。相比固定通信而言,移动通信网络具有覆盖广、建设成本低、部署方便、可移动等特点,因此满足了人们无论何时何地都能进行通信的愿望。未来移动通信网络将是物联网最主要的接入手段之一。

一、移动通信技术概述

移动通信包括陆、海、空移动通信,移动通信系统由移动台、基站、移动交换局组成。20 世纪 80 年代以来,特别是 90 年代以后,移动通信得到了飞速的发展,满足了人们无论何时何地都能进行通信的愿望。相比固定通信而言,移动通信不仅要为用户提供与固定通信一样的通信业务,而且由于用户的移动性,其管理技术要比固定通信复杂得多,同时,由于移动通信网中依靠的是无线电波的传播,其传播环境要比固定网中有线媒质的传播特性复杂,因此,移动通信有着与固定通信不同的特点。

1. 移动通信的发展历史

移动通信开始于无线电通信的发明。1897 年,马可尼完成了固定站与一艘拖船之间的无线通信试验,距离为 18 海里(1 海里=1 852 m)。



现代移动通信的发展始于 20 世纪 20 年代,而公用移动通信是从 20 世纪 60 年代开始的。公用移动通信系统的发展经历了第一代(1G)、第二代(2G)和第三代(3G),向着第四代(4G)和第五代(5G)的方向发展。

1) 第一代移动通信系统(1G)

第一代移动通信系统是模拟蜂窝移动通信网,这一阶段相对于之前的移动通信系统,最重要的突破在于贝尔实验室提出的蜂窝网概念。蜂窝网即小区制,实现了频率复用,提高了系统容量,它同时得益于 20 世纪 70 年代的两项关键突破,即微处理器的发明、交换和控制链路的数字化。第一代移动通信系统以美国的 AMPS(IS-54)和英国的 TACS 为代表,采用频分双工、频分多址制式,并利用蜂窝组网技术以提高频率资源利用率,克服了大区制容量有限的缺点。第一代移动通信系统通话质量一般,保密性差;制式太多,标准不统一,互不兼容;不能提供非话数据业务;不能提供自动漫游,因此已逐步被各国淘汰。

2) 第二代移动通信系统(2G)

第二代移动通信系统为数字移动通信系统,它的典型代表是美国的 DAMPS 系统、IS-95 系统和欧洲的 GSM 系统。2G 是包括语音在内的全数字化系统,新技术体现在通话质量和系统容量的提升。GSM 是第一个商业运营的 2G 系统,采用 TDMA 技术。

第二代移动通信系统采用数字技术,利用蜂窝组网技术,多址方式由频分多址转向时分多址和码分多址技术,双工技术仍采用频分双工。2G 采用蜂窝数字移动通信,使系统具有数字传输的种种优点,克服了 1G 的弱点,语音质量及保密性能得到了很大提高,可进行省内、省际自动漫游,但系统带宽有限,限制了数据业务的发展,也无法实现移动的多媒体业务。由于各个 2G 标准不统一,无法实现全球漫游,同时第二代移动通信主要满足传输语音和低速数据业务,为了解决中速数据传输问题,出现了 2.5G 移动通信系统,如 GPRS 和 IS-95B。为了解决高速数据传输问题,随后又有第三代、第四代的移动通信技术和产品产生。

目前采用的 2G 系统主要有以下几种。

(1) 美国的 D-AMPS,是在原 AMPS 基础上改进而成的,规模由 IS-54 发展成 IS-136 和 IS-136HS,1993 年投入使用,它采用时分多址技术。

(2) 欧洲的 GSM 全球移动通信系统,是在 1988 年完成技术标准制定的,1990 年开始投入商用,它采用时分多址技术,由于其标准化程度高,进入市场早,现已成为全球最重要的 2G 标准之一。

(3) 日本的 PDC,是日本电波产业协会于 1990 年确定的技术标准,1993 年 3 月正式投入使用,它采用的也是时分多址技术。

(4) 窄带 CDMA,采用码分多址技术,1993 年 7 月公布了 IS-95 空中接口标准,目前也是重要的 2G 标准之一。

3) 第三代移动通信系统(3G)

3G 是移动多媒体通信系统,提供多种类型、高质量的多媒体业务,包括语音、传真、数据、多媒体娱乐和全球无缝漫游等。早在 1985 年,国际电信联盟远程通信标准化组织就提出了第三代移动通信系统的概念,最初命名为未来公共陆地移动通信系统(FPLMTS),后来考虑到该系统将于 2000 年左右进入商用市场,工作的频段为 2 000 MHz,且最高业务速率为 2 000 kb/s,故于 1996 年正式更名为 IMT-2000(international mobile telecommunication-

2000)。第三代移动通信系统的目标是实现全球无缝覆盖,具有全球漫游能力;与固定网络的各种业务相互兼容,具有高服务质量;全球范围内使用小型便携终端在任何时间、任何地点进行任何类型的通信。为了实现上述目标,对第三代无线传输技术(RTT)提出了支持高速多媒体业务(高速移动环境为 144 kb/s,室外步行环境为 384 kb/s,室内环境为 2 Mb/s)的要求。3G 系统主要采用 CDMA 技术和分组交换技术,与 2G 系统相比,3G 将支持更多的用户,实现更高的传输速率。

国际电信联盟在 2000 年 5 月确定 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 三大主流无线接口标准。

4)第四代移动通信系统(4G)

4G 通信技术是继 3G 以后的又一次无线通信技术演进,其开发更加具有明确的目标性,即提高移动装置无线访问互联网的速度。4G 支持交互多媒体业务、高质量影像、3D 动画和宽带互联网接入,是宽带大容量的高速蜂窝系统。4G 系统能够以 100 Mb/s 的速度下载,比拨号上网快 2 000 倍,上传的速度也能达到 20 Mb/s,并能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求;此外,4G 可以在 DSL 和有线电视调制解调器没有覆盖的地方部署,然后再扩展到整个地区。很明显,4G 有着无可比拟的优越性。

2012 年 1 月,国际电信联盟正式审议通过将 LTE-Advanced 和 WirelessMAN-Advanced(802.16m)技术规范确立为 IMT-Advanced(俗称 4G)国际标准,中国主导制定的 TD-LTE-Advanced 和 FDD-LTE-Advanced 同时并列成为 4G 国际标准。目前,中国多个城市已经开始部署 TD-LTE 试验网络,未来不久之后将实现 4G 网络的全面覆盖。

2. 移动通信的特点

(1)移动性。移动性就是要保持物体在移动状态中的通信,它必须是无线通信或无线通信与有线通信的结合,因此,系统中要有完善的管理技术来对用户的位置进行登记、跟踪,使用户在移动时也能进行通信,不因为位置的改变而中断。

(2)电波传播条件复杂。移动台可能在各种环境中运动,如建筑群或障碍物等,因此电磁波在传播时不仅有直射信号,而且会产生反射、折射、绕射、多普勒效应等现象,从而产生多径干扰、信号传播延迟和展宽等问题。因此,需要充分研究电波的传播特性,使系统具有足够的抗衰落能力,才能保证通信系统正常运行。

(3)噪声和干扰严重。移动台在移动时不仅受到城市环境中各种工业噪声和天然噪声的干扰,同时由于系统内有多用户,移动用户之间还会有互调干扰、邻道干扰、同频干扰等,这就要求在移动通信系统对信道进行合理的划分和频率的复用。

(4)系统和网络结构复杂。移动通信系统是一个多用户通信系统和网络,必须使用户之间互不干扰,能协调一致工作;此外,移动通信系统还应与固定网、数据网等互连,整个网络结构是相当复杂的。

(5)频率资源的有限性。在有线网络中,可以依靠多铺设电缆或光缆来提高系统的带宽资源,而在无线网中,频率资源是有限的,因此对无线频率的划分有严格的划定,要求移动通信技术的频带利用率高、设备性能好。无线频率是最重要的资源,如何提高系统的频率利用率是移动通信系统的一个重要课题。



3. 移动通信的分类

移动通信的种类繁多,其中陆地移动通信系统有集群移动通信、蜂窝移动通信、无绳电话、寻呼系统等。同时,移动通信和卫星通信相结合产生了卫星移动通信,它可以实现国内、国际大范围的移动通信。

(1)集群移动通信。所谓集群通信系统,是指系统所具有的可用信道为系统的全体用户共用,具有自动选择信道的功能,是共享资源、分担费用、共用信道设备及服务的多用途和高性能无线调度通信系统。集群移动通信也称大区制移动通信,它的特点是只有一个基站,天线高度为几十米至百余米,覆盖半径为 30 km,发射机功率可高达 200 W;用户数约为几十至几百,可以是车载台,也可以是手持台,可以与基站通信,也可通过基站与其他移动台及市话用户通信,基站与市站通过有线网连接。

(2)蜂窝移动通信。蜂窝移动通信也称小区制移动通信,它的特点是把整个大范围的服务区划分成许多小区,每个小区设置一个基站,负责本小区各个移动台的联络与控制,各个基站通过移动交换中心相互联系,并与市话局连接;利用超短波电波传播距离有限的特点,离开一定距离的小区可以重复使用频率,使频率资源可以充分利用;每个小区的用户在 1 000 人以上,全部覆盖区最终的容量可达 100 万用户。

(3)无绳电话。对于室内外慢速移动的手持终端的通信,一般采用功率小、通信距离近、轻便的无绳电话机,它们可以经过通信点与其他用户进行单向或双向的通信。

(4)无线电寻呼系统。无线电寻呼系统是一种单向传递信息的移动通信系统,它是由寻呼台发信息,寻呼机接收信息来完成的。

(5)卫星移动通信。利用卫星转发信号也可实现移动通信,对于车载移动通信可采用同步卫星,而对于手持终端,采用中低轨道的卫星通信系统较为有利。

4. 移动通信网的系统构成

数字蜂窝移动通信系统结构如图 3-1 所示。

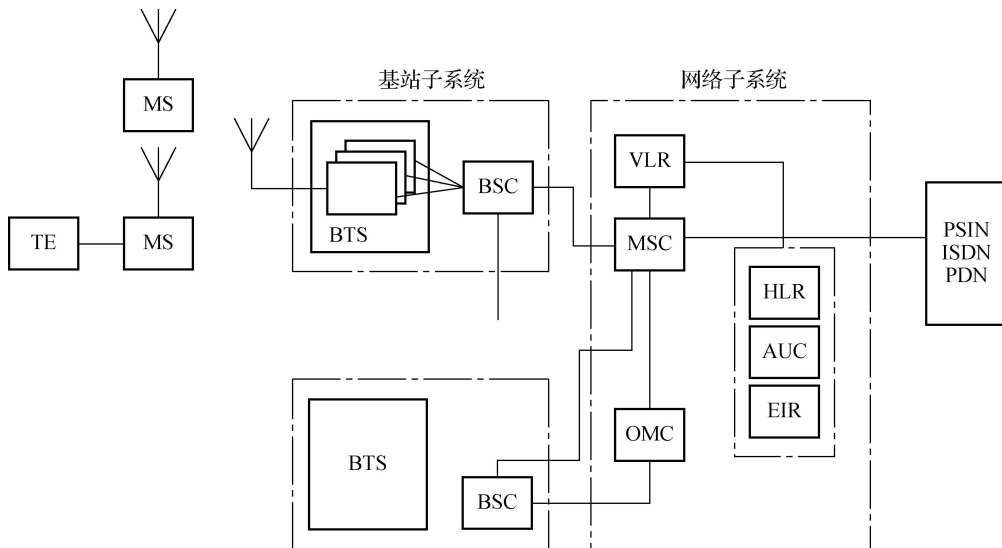


图 3-1 数字蜂窝移动通信系统结构



1) 移动业务交换中心

移动业务交换中心(mobile-service-switching centre, MSC)是蜂窝通信网络的核心,负责本服务区内所有用户移动业务的实现。具体讲, MSC 有如下作用。

- (1)信息交换功能,即为用户提供终端业务、承载业务、补充业务的接续。
- (2)集中控制管理功能,即无线资源的管理,移动用户的位置登记、越区切换等。
- (3)通过关口 MSC 与公用电话网相连。

2) 基站

基站(base station, BS)负责和本区内移动台之间通过无线进行通信,并与 MSC 相连,以保证移动台在不同小区之间移动时也可以进行通信。采用一定的多址方式可以区分其中一个小区的不同用户。

基站设备由传输设备、信号转换设备、天线与馈线系统(含铁塔)以及机房内的其他设备组成。

3) 移动台

移动台(mobile station, MS)即手机或车载台,它是移动网中的终端设备,要将用户的语音信息进行交换并以无线电波的方式进行传输。

4) 中继传输系统

在 MSC 之间、MSC 和 BS 之间的传输均采用有线方式。

5) 数据库

移动网中的用户是可以自由移动的,即用户的位置是不确定的,因此,要对用户进行接续就必须掌握用户的位置及其他的信息,数据库即用来存储用户的有关信息。数字蜂窝移动网中的数据库有归属寄存器(home location register, HLR)、鉴权认证中心(authentic center, AUC)、设备识别寄存器(equipment identity register, EIR)等。

5. 移动通信网的多址方式

当把多个用户接入一个公共的传输媒质实现相互间通信时,需要给每个用户的信号赋以不同的特征,以区分不同用户,这种技术称为多址技术。移动通信是依靠无线电波的传播来传输信号的,具有大面积覆盖的特点,因此网内一个用户发射信号,其他用户均可接受到其所传播的电波。在蜂窝移动通信系统中,移动台是通过基站和其他移动台进行通信的,因此必须对移动台和基站的信息加以区别,使基站能区分是哪个移动台发来的信号,而各移动台又能识别出哪个信号是发给自己的。要解决这个问题,就必须给每个信号赋予不同的特征,这就是多址技术要解决的问题。多址技术是移动通信基础技术之一。

多址方式的基本类型有以下几种。

- (1)频分多址方式(frequency division multiple access, FDMA)。
- (2)时分多址方式(time division multiple access, TDMA)。
- (3)码分多址方式(code division multiple access, CDMA)。
- (4)空分多址方式(space division multiple access, SDMA)。

目前移动通信系统中常用的是 FDMA、TDMA、CDMA 以及它们的组合。

1) FDMA

在通信时,不同的移动台占用不同频率的信道进行通信。因为各个用户使用不同频率的信道,所以相互没有干扰。FDMA 的信道每次只能传递一个电话,并且在分配成语音信



道后,基站和移动台就会同时连续不断地发射信号,在接收设备中使用带通滤波器只允许指定频道里的能量通过,滤除其他频率的信号,从而将需要的信号提取出来,并且限制临近信道之间的干扰。由于基站要同时和多个用户进行通信,所以必须同时发射和接收多个不同频率的信号;另外,任意两个移动用户之间进行通信都必须经过基站的中转,因而必须占用四个频道才能实现双向通信。

FDMA 是最经典的多址技术之一,在第一代蜂窝移动通信网(如 TACS、AMPS 等)中使用了该技术,它的特点是技术成熟、对信号功率的要求不严格,但是在系统设计中需要周密的频率规划,基站需要多部不同载波频率的发射机同时工作,设备多且容易产生信道间的互调干扰,同时,由于没有进行信道复用,信道效率很低。因此,现在国际上蜂窝移动通信网已不再单独使用 FDMA,而是和其他多址技术结合使用。

2) TDMA

TDMA 把时间分成周期性的帧,每一帧再分成若干时隙(无论帧还是时隙都是互不重叠的),每一个时隙就是一个通信信道。

TDMA 中,给每个用户分配一个时隙,即根据一定的时隙分配原则使各个移动台在每帧内只能按指定的时隙向基站发射信号。在满足定时和同步的条件下,基站可以在各时隙中接收到各移动台的信号而互不干扰,同时,基站发向各个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输,各移动台只要在指定的时隙内接收,就能在合路的信号中把发给它的信号区分出来,这样,同一个频道就可以供几个用户同时进行通信,相互没有干扰。

在 TDMA 通信系统中,小区内的多个用户可以共享一个载波频率,分享不同时隙,这样基站只需要一部发射机,可以避免像 FDMA 系统那样因多部不同频率的发射机同时工作而产生的互调干扰,但系统设备必须有精确的定时和同步来保证各移动台发送的信号不会在基站发生重叠,并且能精确地在时隙中接收基站发给它的信号。

TDMA 技术广泛应用于第二代移动通信系统中。在实际应用中,一般综合采用 FDMA 和 TDMA 技术,即首先将频带划分为多个频道,再将一个频道划分为多个时隙,形成信道。例如,GSM 数字蜂窝标准采用 200 kHz 的 FDMA 频道,并将其分割成 8 个时隙,用于 TDMA 传输。

3) CDMA

时域上的脉冲信号,其脉冲宽度越窄,频谱就越宽。那么,如果用所需要传送的信号去调制很窄的脉冲序列,使信号所占的频带宽度远大于原始信号本身需要的带宽,其逆过程称为解扩,即将这个宽带信号还原成原始信号,这个窄脉冲序列称为扩频码。如果用这样一种扩频后的无线信道来传送无线信号,由于信号扩展在非常宽的宽带上,因此来自同一无线信道的用户干扰很小,使得多个用户可以同时分享同一无线信道。

二、第三代移动通信技术

1. 第三代移动通信技术概述

“3G”(3rd-generation)是第三代移动通信技术的简称,是指支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术。1995 年问世的第一代模拟制式手机只能进行语音通话,1996~1997 年出现的第二代 GSM、CDMA 等数字制式手机增加了接收数据的功能,如接收电子邮件或网页等。第三代与第二代的主要区别是传输速度上的提升,能够更好地实现无缝漫游,处理图像、音

乐、视频等,提供网页浏览、电话会议、电子商务等服务。

为了提供上述服务,3G 网络必须能够支持不同速率的数据传输速度,也就是说在室内、室外和行车的环境中能够分别支持至少 2 Mb/s、384 kb/s 以及 144 kb/s 的传输速度(此数据根据网络环境会发生变化)。

2. 第三代移动通信技术的特点

1) 采用高频段频谱资源

为实现全球漫游目标,按国际电信联盟规划,IMT-2000 统一采用 2G 频段,可用带宽高达 230 MHz,分配给陆地网络 170 MHz,卫星网络 60 MHz,这为 3G 容量发展、实现全球多业务环境提供了广阔的频谱空间,同时可更好地满足宽带业务。

2) 采用宽带射频信道,支持高速率业务

充分考虑承载多媒体业务的需要,3G 网络射频载波信道根据业务要求,在室内、室外和行车的环境中分别支持至少 2 Mb/s、384 kb/s 以及 144 kb/s 的传输速度,同时进一步提高了码片速率,系统抗多径衰落能力也大大提高。

3) 实现多业务、多速率传送

在宽带信道中,可以灵活应用时间复用和码复用技术,单独控制每种业务的功率和质量,通过选取不同的扩频因子,将具有不同 QoS 要求的各种速率业务映射到宽带信道上,实现多业务、多速率传送。

4) 快速功率控制

3G 主流技术均在下行信道中采用了快速闭环功率控制技术,用以改善下行传输信道性能,这一方面提高了系统抗多径衰落能力,另一方面由于多径信道影响,导致扩频码分多址用户间的正交性不理想,增加了系统自干扰的偏差,但总体上快速功率控制的应用对改善系统性能是有好处的。

5) 采用自适应天线及软件无线电技术

3G 基站采用带有可编程电子相位关系的自适应天线阵列,可以进行发信波束赋形,自适应地调整功率,减小系统自干扰,提高接收灵敏度,增大系统容量。另外,软件无线电技术在基站及终端产品中的应用对提高系统灵活性、降低成本至关重要。

3. 第三代移动通信技术的标准

业界将 CDMA 技术作为 3G 的主流技术,国际电信联盟确定 3 个无线接口标准,分别是美国的 CDMA2000、欧洲的 WCDMA 和中国的 TD-SCDMA。目前中国支持国际电信联盟确定的 3 个无线接口标准,分别是中国电信的 CDMA2000、中国联通的 WCDMA、中国移动的 TD-SCDMA。2007 年 10 月 19 日,国际电信联盟在日内瓦举行的无线通信全体会议上,经过多数国家投票通过,WiMAX 正式被批准成为继 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 之后的第四个全球 3G 标准。

1) WCDMA

WCDMA 是 Wideband Code Division Multiple Access(宽带码分多址)的英文简称,也称为 CDMA Direct Spread,意为宽频分码多重存取,这是基于 GSM 网发展出来的 3G 技术规范,是欧洲提出的宽带 CDMA 技术与日本提出的宽带 CDMA 技术融合的产物。WCDMA 最早由欧洲和日本提出,其标准化是由 3GPP(第三代合作伙伴计划)具体制定的,其核



心网基于 GSM 网络技术,空中接口采用直接序列扩频的宽带 CDMA。目前,WCDMA 有 R99、R4、R5(HSDPA)、R6(HSUPA)等版本。

WCDMA 支持者主要是以 GSM 系统为主的欧洲厂商,日本公司也或多或少参与其中,包括欧美的爱立信公司、阿尔卡特公司、诺基亚公司、朗讯科技公司、北电网络公司以及日本的 NTT、富士通公司、夏普公司等厂商。

WCDMA 是从 CDMA 演变来的,被认为是 IMT-2000 的直接扩展,与现在市场上通常提供的技术相比,它能够为移动无线设备提供更高的数据速率。WCDMA 采用直接序列扩频码分多址(DS-CDMA)、频分双工(FDD)方式,码片速率为 3.84 Mchip/s,载波带宽为 5 MHz,基于 R99/R4 版本,可在 5 MHz 的带宽内提供最高 384 kb/s 的用户数据传输速率。WCDMA 能够支持移动设备之间的语音、图像、数据、通信以及视频通信。

WCDMA 逻辑网络元素按功能可以分成用户设备终端(UE)、无线接入网(RAN)和核心网(CN)。无线接入网可以借用 UMTS 中地面 RAN 的概念,简称 UTRAN,RAN 处理与无线通信有关的功能。CN 处理语音和数据业务的交换功能,完成移动网络与其他外部通信网络的互联,相当于第二代移动通信系统中的 MSC/VLR/HLR。除 CN 基本上来源于 GSM 外,UE 和 RAN 均采用 WCDMA 无线技术规范。

(1)标准参数。

①ARTT FDD。

②异步 CDMA 系统:无 GPS。

③带宽:5 MHz。

④码片速率:3.8 Mchip/s。

⑤中国频段:1 940~1 955 MHz(上行)、2 130~2 145 MHz(下行)。

(2)关键技术。

空时处理技术通过在空间和时间上联合进行处理,可以非常有效地改善系统特性。随着 3G 对空中接口标准的支持技术以及软件无线电的发展,空时处理技术必须融入自适应调制解调器,从而达到优化系统设计的目的。采用空时处理的方法,系统的发送端或接收端使用多个天线,同时在空间和时间上处理信号,它所达到的效果是仅靠单个天线的单时间处理方法所不能实现的:可以在一个给定误码率门限值下,增加用户数;在小区给定的用户数下,改善 BER 特性;可以更有效地利用信号的发射功率等。

①空时处理方法。由于移动台一般不适于用多天线接收,在基站采用多个天线进行发射分集,移动台的接收效果与多个接收天线的效果相似。

②波束成形技术。波束成形技术(beamforming,BF)可分为自适应波束成形、固定波束成形和切换波束成形技术。固定波束即天线的方向图是固定的,把 IS-95 中的 3 个 120°扇区分割即为固定波束。切换波束是对固定波束的扩展,将每个 120°的扇区再分割为多个更小的分区,每个分区有一固定波束,当用户在一扇区内移动时,切换波束机制可自动将波束切换到包含最强信号的分区,但切换波束机制的致命弱点是不能区分理想信号和干扰信号。自适应波束成形器可依据用户信号在空间传播的不同天线增益,实时地形成窄波束对准用户信号,而在其他方向尽量压低旁瓣,采用指向性接收,从而提供系统的容量。由于移动台的移动性以及散射环境,基站接收到的信号的到达方向是时变的,使用自适应波束成形器可以将频率相近但空间可分离的信号分离开,并跟踪这些信号,调整天线阵的加权值,可使天

线阵的波束指向理想信号的方向。

(3) WCDMA 与 CDMA。

WCDMA 名字跟 CDMA 很相近,同时跟它的关系也很微妙,两者都基于码分多址技术,都使用了美国高通公司(Qualcomm)的部分专利技术。一般认为 WCDMA 的提出是部分厂商为了绕开专利陷阱而开发的,其方案已经尽可能地避开高通公司的专利。

在移动电话领域,术语 CDMA 可以代指码分多址扩频复用技术,也可以指美国高通公司开发的包括 IS-95/CDMA1X 和 CDMA2000(IS-2000)的 CDMA 标准族。

在高通公司 IS-95 协议使用之前,CDMA 的复用技术已经存在了很长时间。然而,由于采用 CDMA 复用方法是 IS-95 协议区别于当时的 GSM(采用 TDMA)等其他协议的主要特征,现在通常将该协议也称为 CDMA。

WCDMA 也使用 CDMA 的复用技术,而且跟高通公司的标准也很相似,但是 WCDMA 不仅是复用标准,它还是一个详细的定义移动电话怎样跟基站通信、信号怎样调制、数据帧怎样构建等的完整的规范集。

总之,术语 CDMA 在移动通信领域通常特指高通公司开发的 CDMA 标准族,它们定义了一组移动通信协议。CDMA 作为复用技术,既用于 WCDMA 空中接口协议,也用于高通公司的 CDMA 协议。WCDMA 专指在 IMT-2000 中定义的移动电话协议。WCDMA 协议与高通公司开发的 CDMA 无关。CDMA 标准族(IS-95/CDMAOne 和 CDMA2000)不兼容 WCDMA 标准族。

(4) WCDMA 的网络优势。

- ①网络速度最快。
- ②支持业务最广泛。
- ③终端种类最多。
- ④覆盖广泛
- ⑤开通国家最广,可漫游的国家和地区多。

随着用户对多业务需求的不断提高,WCDMA 标准在不同的版本中引入很多新业务,使业务向多样化、个性化方向发展,最具代表性的有虚拟归属环境概念、引入基于 IP 的多媒体业务及其他形式多样的补充业务等。

(5) WCDMA 系统演进。

WCDMA 系统的整体演进方向为网络结构向全 IP 化发展,业务向多样化、多媒体化和个性化方向发展,无线接口向高速传输分组数据发展,小区结构向多层次、多制式、重复覆盖方向发展,用户终端向支持多制式、多频段方向发展。

2) CDMA2000

CDMA2000 是由窄带 CDMA(CDMAIS95)技术标准发展而来的宽带 CDMA 技术,也称为 CDMA Multi-Carrier,CDMA2000 由美国高通北美公司为主导提出,摩托罗拉、朗讯科技公司和韩国三星都有参与,韩国现在成为该标准的主导者。CDMA2000 系统是从窄频 CDMA One 数字标准衍生出来的,可以从原有的 CDMA One 结构直接升级到 3G,建设成本低廉,但目前使用 CDMA2000 的地区只有日韩和北美,所以 CDMA2000 的支持者不如 WCDMA 多。目前中国电信正在采用这一方案,并已建成了 CDMA IS95 网络。



(1)标准参数。

①RTT FDD。

②同步 CDMA 系统:有 GPS。

③带宽:1.25 MHz。

④码片速率:1.228 8 Mchip/s。

⑤中国频段:1 920~1 935 MHz(上行)、2 110~2 125 MHz(下行)。

(2)CDMA2000 采用的新技术。

与 CDMAOne 相比,CDMA2000 采用的新技术有以下几种。

①多种射频信道带宽。CDMA2000 在前向链路上支持多载波(MC)和直扩(DS)两种方式,反向链路仅支持直扩方式。采用多载波方式,能支持多种射频带宽,射频信道带宽可以是 $N \times 1.25$ MHz,其中 $N=1, 3, 5, 9$ 或 12,即可选择的带宽有 1.25 MHz、3.75 MHz、7.5 MHz、11.25 MHz 和 15 MHz,目前的技术仅支持前两种带宽。

②Turbo 码。为了适应高速数据业务的需求,CDMA2000 中采用 Turbo 编码技术。Turbo 码具有优异的纠错性能,但译码复杂度高、时延大,因此主要用于高速率、对译码时延要求不高的数据传输业务。与传统的卷积码相比,Turbo 码可降低对发射功率的要求,增加系统容量。在 CDMA2000 中,Turbo 码仅用于前向补充信道和反向补充信道中。

③3 800 MHz 前向快速功率控制。采用 3 800 MHz 前向快速功率控制,能尽量减小远近效应,降低移动台接收机实现一定误帧率(FER)所需的信噪比,进而降低基站发射功率和系统的总干扰电平,提高系统容量。

④前向快速寻呼信道。前向快速寻呼信道采用通断键控(OOK)调制,由于解调简单,可节约基站发射功率。

⑤前向链路发射分集。采用前向发射分集技术能减少每个信道要求的发射功率,增加前向链路容量,改善室内单径瑞利衰落环境和慢速移动环境下的系统性能。

⑥反向相干解调。为了提高反向链路性能,CDMA2000 采用了反向链路导频信道,它是未经编码的扩频信号(由 0 号 Walsh 函数扩频),基站用导频信道完成初始捕获、时间跟踪和 RAKE 接收机相干解调,并为功率控制测量链路质量。导频参考电平随数据速率而变化。基站可以利用反向导频帮助捕获移动台的发射,实现反向链路上的相干解调,与采用非相干解调的 CDMA2000 相比,所需的信噪比显著降低,从而降低了移动台发射功率,提高了系统容量。当移动台发射无线配置为 RC3-6 的反向业务信道时,在反向导频信道中插入一个反向功率控制子信道,移动台通过该子信道发送功率控制命令,实现前向链路功率控制。反向导频还可以采用门控发送方式(即非连续发送),不仅能减小对其他用户的干扰,也降低了移动台的功耗。

⑦连接的反向空中接口波形。在反向链路上,所有速率的数据都采用连续导频和连续数据信道波形。连续波形可以把对其他电子设备(如助听器等医疗设备)的电磁干扰(EMI)降到最低;通过降低数据速率,能扩大小区覆盖范围;允许在整个帧上实现交织,并改善搜索性能;连续波形还支持移动台为快速前向功率控制连续发送前向链路质量测量信息以及基站为反向功率控制连续监控反向链路质量。

⑧辅助导频信道。CDMA2000 中新增加了前向辅助导频信道,支持对一组移动台的波束形成,以及对单个移动台的波束控制和波束形成。点波束应用能扩大覆盖区域和增加容

量,并提高可支持的数据速率。

⑨增强的媒体接入控制功能。媒体接入控制(MAC)子层控制 3G 系统中多种业务到物理层的接入过程,保证多媒体业务的实现,它的引入能满足更高带宽和更广泛业务种类的需求,支持话音、分组数据和电路数据业务的同时处理。

⑩灵活的帧长。CDMA2000 支持 5 ms、10 ms、20 ms、40 ms、80 ms 和 160 ms 等多种灵活的帧长,不同类型的信道分别支持不同的帧长。例如,前向基本信道、前向专用控制信道、反向基本信道和反向专用控制信道采用帧长为 5 ms 和 20 ms,前向补充信道和反向补充信道采用帧长分别为 20 ms、40 ms 或 80 ms,话音业务采用帧长为 20 ms。较短的帧可以减少时延,但因交织跨度较短而降低了解调性能,较长的帧则因为帧头所占比重小,可降低对发射功率的要求。

3)TD-SCDMA。

2000 年 5 月,国际电信联盟公布第三代移动通信标准,我国提交的 TD-SCDMA 正式成为国际标准,与欧洲的 WCDMA、美国的 CDMA2000 成为 3G 时代最主流的三大技术之一。TD-SCDMA 中文含义为时分同步码分多址接入,它是由中国第一次提出并在无线传输技术(RTT)的基础上与国际合作,成为 CDMA TDD 标准的一员,这是中国移动通信界的一次创举,也是中国对第三代移动通信发展的贡献。

TD-SCDMA 全称为 time division-synchronous CDMA(时分同步 CDMA),该标准是由中国独自制定的,1999 年 6 月 29 日由中国原邮电部电信科学技术研究院(大唐电信)向国际电信联盟提出,但技术发明始于西门子公司。TD-SCDMA 具有辐射低的特点,被誉为绿色 3G,该标准将智能无线、同步 CDMA 和软件无线电等国际领先技术融入其中,在频谱利用率、对业务支持的灵活性、频率灵活性及成本等方面具有独特优势。另外,由于中国内地庞大的市场,该标准受到各大主要电信设备厂商的重视,全球一半以上的设备厂商都宣布支持 TD-SCDMA 标准。TD-SCDMA 标准提出不经过 2.5 代的中间环节,直接向 3G 过渡,非常适用于 GSM 系统向 3G 升级。

(1)标准参数。

①RTT TDD。

②同步 CDMA 系统:有 GPS。

③带宽:1.6 MHz。

④码片速率:1.28 Mchip/s。

⑤中国频段:1 880~1 920 MHz、2 010~2 025 MHz、2 300~2 400 MHz。

(2)核心技术。

采用“接力切换”技术,可克服软切换大量占用资源的缺点;采用智能天线、联合检测和上行同步等大量先进技术,可以降低发射功率,减少多址干扰,提高系统容量;采用 TDD 不要双工器,可简化射频电路、系统设备和降低手机成本。

①接力切换技术。越区切换在蜂窝移动通信系统中有重要的地位。在早期的频分多址(FDMA)和时分多址(TDMA)移动通信系统中,采用的是“硬切换技术”,该技术使系统在切换过程中大约丢失 300 ms 的信息,同时占用信道资源较多。美国高通公司开发的 CDMAIS-95 无线通信系统使用了“软切换技术”,软切换过程不丢失信息、不中断通信,还可增加 CDMA 系统的容量。但是,软切换技术只能解决终端在使用相同载波率的小区或扇区间



切换的问题,对于不同载波的基站之间,FDDCDMA(频分双工 CDMA)系统仍然只能使用硬切换方式。而且,处于切换过程中的每一个终端要同时接收来自两个或三个基站的信息,并在反向链路中向这些基站发送相应信息,这占用了较多的通信设备和信道,造成系统资源的浪费。TD-SCDMA 的独特之处是使用了智能天线获得用户终端的方位(DOA),采用同步 CDMA 技术获得用户终端与基站间的距离,若将这两个信息予以综合,基站就可以确定用户终端的具体位置,从而为接力切换奠定了基础。接力切换不丢失信息、不中断通信,节约了信道资源。

正是由于 TD-SCDMA 系统采用了智能天线以及使用两个基站对终端进行定位,具有对终端精确定位的功能,所以能够实现更有效地越区切换,即所谓的“接力切换”。在接力切换的过程中,同频小区中的两个小区的基站都接收同一个终端的信号,并对其定位,将确定可能切换区域的定位结果向基站控制器报告,完成向目标基站的切换,克服了软切换浪费信道资源的缺点。接力切换不仅具有上述的软切换功能,而且可以使用在不同载波频率的 TD-SCDMA 基站之间,甚至能够在 TD-SCDMA 系统与其他移动通信系统(如 GSM、CDMA IS-95 等)的基站之间,实现不丢失信息、不中断通信的理想越区切换。在一般情况下,接力切换与软切换相比较,能够使系统容量增加一倍以上。

②智能天线技术。近年来,智能天线技术已经成为移动通信中最具吸引力的技术之一。智能天线采用空分多址(SCDMA)技术。利用信号在传输方向上的差别,将同频率或同时隙、同码道的信号区分开来,最大限度地利用有限的信道资源。与无方向性天线相比较,智能天线上、下行链路的天线增益大大提高,降低了发射功率电平,提高了信噪比,有效地克服了信道传输衰落的影响。同时,由于天线波瓣直接指向用户,减少了本小区内其他用户之间以及与相邻小区用户之间的干扰,而且也减少了移动通信信道的多径效应。CDMA 系统是个功率受限系统,智能天线的应用达到了提高天线增益和减少系统干扰两大目的,从而显著地扩大了系统容量,提高了波谱利用率。智能天线在本质上是利用多个天线单元空间的正交性,即空分多址复用(SDMA)功能来提高系统的容量和波谱利用率,这样,TD-SCDMA 系统充分利用了 CDMA、TDMA、FDMA 和 SDMA 这四种多址方式的技术优势,使系统性能最佳化。

智能天线的核心在于数字信号处理部分,它根据一定的准则,使天线阵产生定向波束指向用户,并自动地调整系统系数以实现所需的空域滤波。智能天线需要解决的两个关键问题是辨识信号的方向和数字赋形的实现。

TD-SCDMA 的智能天线使用一个环形天线阵,由 8 个完全相同的天线元素均匀地分布在一个半径为 R 的圆上。智能天线的功能是由天线阵及与其相连接的基带数字信号处理部分共同完成的,该智能天线的仰角方向辐射图形与每个天线元素相同。在方位角的方向图由基带处理器控制,可同时产生多个波束,按照通信用户的分布,在 360° 的范围内任意赋形。为了消除干扰,波束赋形时还可以在有干扰的地方设置零点,该零点处的天线辐射电平要比最大辐射方向低约 40 dB。TD-SCDMA 使用的智能天线当 $N=8$ 时,比无方向性的单振子天线的增益分别大 9 dB(对接收)和 18 dB(对发射)。每个振子的增益为 17 dB,最大发射增益为 26 dB。由于基站智能天线的发射增益要比接收增益大得多,对于传输非对称的 IP 数据、下载较大的业务信息是非常适合的。根据以上基本原理,在 CDMA 系统(无论是 TDD