



第 3 章 物联网通信与网络技术

3.1 物联网通信与网络技术概述

物联网要实现物物相连,需要网络作为连接的桥梁。物联网的通信与组网技术主要完成感知信息的可靠传输。由于物联网连接的物体多种多样,物联网涉及的网络技术也有多种,如可以是有线网络、无线网络;可以是短距离网络和长距离网络;可以是企业专用网络、公用网络;还可以是局域网、互联网等等。

本章主要讲述物联网涉及的各种网络技术,为叙述方便,根据无线通信网络距离不同分为无线个域网、无线局域网、无线城域网和无线广域网技术进行讨论,另外对物联网的接入技术及其他网络技术如有线通信网络、M2M技术和下一代网络 NGN 技术等做了介绍。

本节首先介绍一下无线通信及网络技术及物联网涉及的网络技术。

3.1.1 无线通信及网络技术

通信技术简单地说是将信息从一个地点传送到另一个地点所采取的方法和措施。按照历史发展的顺序,通信技术先后由人体传递信息通信到简易信号通信,再发展到有线通信和无线通信。近年来发展最快、应用最广的就是无线通信技术。

1. 无线通信技术

无线通信技术主要包括无线电通信、微波通信、红外通信和光通信等多种形式。其中无线电通信最为广泛,它是利用电磁波信号在自由空间传播的特性进行信息交换的一种通信方式。

目前无线通信主要使用数字化通信技术。数字化通信是一种用数字信号 0 和 1 进行数字编码传输信息的通信方式。数字化通信可以传输电报、数据等数字信号,也可传输经过数字化处理的语音和图像等模拟信号。

数字化通信通常由用户设备、编码和解码、调制和解调、加密和解密、传输和交换设备等组成。发信端来自信源的模拟信号必须先经过信源编码转变成数字信号,并对这些信号进行加密处理,以提高其保密性;为提高抗干扰能力需再经过信道编码,对数字信号进行调制,变成适合于信道传输的已调载波数字信号并送入信道。在收信端对接收到的已调载波数字信号解调



得到基带数字信号,然后经信道解码、解密处理和信源解码等恢复为原来的模拟信号最后送到信宿。

采用无线电进行无线通信的信号在空中传播时,无线信号强度会随着传播距离的增加而衰减,另外还会受到环境噪声和其他同频段信号的干扰。因此,无线通信的信号具有一定的时空可变不稳定性。为保证通信的质量往往需要设计复杂的通信技术如各类数字调制解调技术。

2. 无线通信网络及分类

无线通信网络是利用无线通信技术、通信设备、通信标准和协议等组成的通信网络,在该网络中通信终端能够接入网络并依赖该网络进行相互通信。

无线通信网络具有多种分类方式,比如根据通信终端是否移动,可以分为无线固定通信和无线移动通信。无线固定通信终端位置固定,而无线移动通信终端位置可以移动。

根据接入网络的方式不同可以分为集中式和自组织两种。集中式终端根据其位置是否固定又可分为固定式和移动式,如固定或移动基站、固定骨干节点等。典型的集中式包括各类蜂窝网络,通过安装多个固定的基站把较大通信区域覆盖,而每个基站可以管理成百上千个移动接入节点。在无线局域网中可以利用集中式接入在一个相对小区域内形成星状网络。

自组织网络(Ad Hoc Networks)是与集中式网络完全不同的一种网络,在这种网络中,没有固定集中的控制中心,所有在网络中的节点通过一定的自组织协议加入网络,节点间的通信通过邻居节点的多跳来实现。自组织网络属于对等网络,不会因为其中一个节点的损坏而失去功能,而集中式网络如果基站损坏,将会破坏网络的通信功能。

根据通信距离的不同,无线通信网络又可以分为短距离通信网络,通信距离在几厘米到几百米之间,如红外通信技术、RFID 通信技术、NFC 通信技术、蓝牙技术、ZigBee、UWB、Wi-Fi 等;而长距离通信网络可以实现几公里到上千公里的通信距离,如 WiMAX 及各类商业网络 2G、3G、4G 有几公里到几十公里的通信距离,而卫星通信在卫星波束覆盖区内一跳的通信距离最远可以达到 18000 公里。

3. 无线通信技术的发展

无线通信技术是社会信息化的重要支撑,随着信息化社会的到来以及 IP 技术的兴起,未来无线通信技术将得到快速发展,其发展的主要趋势是宽带化、接入多样化、信息个人化和 IP 网络化等几个方面:

(1) 宽带化。

宽带化是通信信息技术发展的重要方向之一。随着光纤传输技术以及高通量网络节点的进一步发展,有线网络的宽带化正在世界范围内全面展开,而无线通信技术也正在朝着无线接入宽带化的方向演进,无线传输速率将从第二代系统的 9.6Kbit/s 向第三代移动通信系统的最高速率 2Mbit/s 发展。

(2) 核心网络综合化,接入网络多样化。

未来信息网络的结构模式将向核心网/接入网转变,网络的分组化和宽带化,使在同一核心网络上综合传送多种业务信息成为可能,传统的电信网络与新兴的计算机网络将进一步融合,未来网络可通过固定接入、移动蜂窝接入、无线本地环路等不同的接入设备接入。



(3) 信息个人化。

随着移动 IP 的发展,实现未来信息个人化逐步变为可能,将来在手机上可以实现各种 IP 应用。另外,移动智能网技术与 IP 技术的组合将进一步推动全球个人通信的趋势。

(4) IP 网络化。

随着市场需求的驱动,无线通信网络正在从现有的电路交换网络向 IP 网络过渡,IP 技术将成为未来网络的核心关键技术,IP 协议将成为电信网的主导通信协议。同时通信网络也在向下一代网络(Next Generation Network,NGN)发展,由无线移动通信和互联网络结合形成的移动无线互联网(Mobile Wireless Internet)正在成为人们关注和应用的焦点。

3.1.2 物联网网络技术

物联网的网络是连接物体的信息通道,在物联网中的网络有多种形式,如有线网络、无线网络,局域网络、互联网,企业网络、专用网络等等。对于物联网,无线网络具有特别的吸引力,不仅可以摆脱布线的麻烦和费用,而且对于移动物体可能是唯一的联网选择。

无线网络技术丰富多样,根据距离不同,可以组成无线个域网、无线局域网、无线城域网和无线广域网。其中近距离的无线技术是物联网最为活跃的部分,因为物联网被称作是互联网的最后一公里,也称为末梢网络。根据应用的不同,其通信距离可能是几厘米到几百米之间,目前常用的技术主要有蓝牙、ZigBee、Z-wave、RFID、NFC、UWB、Wi-Fi 等。

远距离的无线通信技术也是物联网许多应用不可缺少的,比如比较分散的野外监测点、市政各种传输管道的分散监测点、农业大棚的监测信息汇聚点、车联网中的汽车等可能需要远距离的通信技术。目前常用的远距离通信技术多数为商用移动核心承载网络,如 GSM、GPRS、WiMAX、2G/3G/4G 移动通信等。对于更远的通信甚至可以用到卫星通信(如海洋中的节点部署)等。

互联网是物联网的重要承载网络,物联网可以认为是互联网的延伸,并且互联网是目前全球性的信息高速公路、信息汇聚池及信息处理中心。物联网是物体信息的联通与移动,因此离不开互联网。物联网连接到互联网上需要解决许多问题,比如物联网接入互联网的问题。互联网依赖 IP 地址,而目前 IPv4 地址资源接近耗尽,而要连接到互联网上的物体却越来越多,据 Cisco 估计,到 2020 年,全球将有 500 亿个智能物体(Smart Things)连接到互联网上。使用新的网络技术,如 IPv6,可以给每一个物体分配一个 IP 地址,但这意味着得到 IP 地址的节点要额外产生较大的能耗。6LowPan 技术试图将低功率无线个域网连接到 IPv6 网络中,使用 6LowPan 技术的无线低功耗节点可以直接连接到 Internet 上去。当然,很多情况下可能不需要给每个物体分配一个 IP 地址,我们仅仅关心多个物体所汇集的信息,比如一个区域的传感器节点可能仅仅需要一个网络接入点,比如使用一个网关。物联网网关是连接感知网络与商业通信网络的纽带,实现感知网络与通信网络,以及不同类型感知网络之间的协议转换,既可以实现广域互联,也可以实现局域互联。

物联网的网络技术在不断发展中,比如物联网的商用专网正在建设中,另外工业控制中现场总线、M2M 技术和下一代网络 NGN 技术的发展都会对物联网的网络技术带来积极影响。



3.2 无线个域网络技术

无线个域网(Wireless Personal Area Network, WPAN)是为了实现活动半径小、业务类型丰富、面向特定群体、无线无缝的连接而提出的新兴无线通信网络技术。无线个域网主要解决最后几十米的通信问题,目前主要包括蓝牙技术、ZigBee 技术、UWB 技术、Z-wave 技术、NFC(近距离通信)和红外通信等技术,具有低成本、低功耗、通信距离短等特点。本节分别对各种技术介绍如下。

3.2.1 蓝牙技术

1. 蓝牙技术简介

蓝牙(Bluetooth)是一种低成本、低功率、近距离无线连接技术标准,是实现数据与语音无线传输的开放性规范。

蓝牙技术在 1994 年由爱立信公司率先提出。1998 年 5 月,世界著名的爱立信(Ericsson)、诺基亚(Nokia)、东芝(Toshiba)、国际商用机器公司(IBM)和英特尔(Intel)成立蓝牙特别兴趣小组,联手推出蓝牙计划,旨在推广蓝牙通信标准。这项计划被公布后,迅速得到包括摩托罗拉、朗讯、康柏、西门子、高通、3Com、TDK 等大公司在内的许多厂商的支持和采纳。1999 年底,第一批应用“蓝牙”技术装备的产品,包括手机、电话机和便携式计算机等纷纷进入市场。

蓝牙技术的目标在于开发一种全球统一的开放无线连接技术标准,使移动电话、笔记本电脑、掌上电脑、拨号网络、打印机、传真机、数码相机等各类数据和语音设备,均按此技术标准互联,形成一种个人区域无线通信网络,使得在其范围内的各种信息化设备都能实现无缝资源共享。

2. 蓝牙的主要技术特点

蓝牙技术使用的工作频率为 2.4~2.5G,属于免费的 ISM(Industry Science Medicine)频段。ISM 频段是工业、科学和医用频段。世界各国均保留了一些无线频段以用于工业、科学研究,以及微波医疗方面的应用。应用这些频段无需申请使用许可证,只需要遵守一定的发射功率(一般低于 1W),并且不要对其他频段造成干扰即可。2.4G 频段在我国属于不需申请就可以免费使用的频段,国家对该频段内的无线收发设备,在不同环境下的使用功率做了相应的限制。例如在城市环境下,发射功率不能超过 100mW。

蓝牙技术可以实现语音、视频和数据的传输,其最高的通信速率为 1Mb/s,采用时分方式的全双工通信,通信距离为 10 米左右(如果配置功率放大器可以使通信距离达到 100m)。

蓝牙产品采用跳频技术,能够抵抗信号衰落;采用快跳频和短分组技术,能够有效地减少同频干扰,提高通信的安全性;采用前向纠错编码技术,以便在远距离通信时减少随机噪声的干扰;采用 FM 调制方式,使设备变得更为简单可靠;“蓝牙”技术产品一个跳频频率发送一个同步分组,每组一个分组占用一个时隙,也可以增至 5 个时隙;“蓝牙”技术支持一个异步数据通道,



或者3个并发的同步语音通道,或者一个同时传送异步数据和同步语音的通道。“蓝牙”的每一个语音通道支持64Kbps的同步语音,异步通道支持的最大速率为721Kbps、反向应答速率为57.6Kbps的非对称连接,或者432.6Kbps的对称连接。

蓝牙技术在标准上先后推出了Bluetooth 1.1、1.2、2.0、2.1等多个版本,在传输速度、抗干扰、安全性等方面都有很大的提高。蓝牙采用时分双工传输方案,使用一个天线利用不同的时间间隔发送和接收信号,且在发送和接收信息中通过不断改变传输方向共用一个信道,实现全双工传输;蓝牙发射功率可分为3个级别:100mW、2.5mW和1mW。一般采用的发送功率为1mW,无线通信距离为10m,数据传输速率达1Mb/s。若采用新的蓝牙2.0标准,发送功率为100mW,可使蓝牙的通信距离达到100m,数据传输速率达到10Mb/s。

蓝牙3.0引入了WLAN,其传输速度提升了8倍,可以达到25Mbps。2010年7月7日,蓝牙技术联盟SIG在北京正式推出蓝牙4.0标准,该标准具有低能耗、高传输速度等特点。蓝牙4.0实际是个三位一体的蓝牙技术,它将三种规格合而为一,分别是传统蓝牙、低功耗蓝牙和高速蓝牙技术,这三个规格可以组合或者单独使用。SIG首席技术总监(CTO)葛立曾表示,全新的蓝牙4.0版本涵盖了三种蓝牙技术,是一个“三融技术”,首先蓝牙4.0继承了蓝牙技术无线连接的所有固有优势,同时增加了低耗能蓝牙和高速蓝牙的特点,尤其以低耗能技术为核心,大大拓展了蓝牙技术的市场潜力。低耗能蓝牙技术主要适用于以纽扣电池供电的小型无线产品及感测器,进一步开拓了医疗保健、运动与健身、保安及家庭娱乐等市场。蓝牙4.0与3.0拥有同样的速度,在蓝牙4.0低功耗的支持下,使用一个纽扣电池供电,使用时间可以长达一年。

蓝牙主要技术指标和系统参数如表3-1所示。

表3-1 蓝牙技术指标和系统参数

工作频段	ISM 频段,2.402GHz-2.480GHz
双工方式	全双工,TDD 时分双工
业务类型	支持电路交换和分组交换业务
数据速率	1Mbps
非同步信道速率	非对称连接 721Kbps/57.6 Kbps,对称连接 432.6 Kbps
同步信道速率	64 Kbps
功率	美国 FCC 要求<0dbm(1mw),其他国家可扩展为 100mw
跳频频率数	79 个频点/1MHz
工作模式	PARK/HOLD/SNIFF
数据连接方式	面向连接业务 SCO,无连接业务 ACL
纠错方式	1/3FEC,2/3 标 FEC,ARQ
鉴权	采用反应逻辑算术
信道加密	采用 0 位、40 位、60 位加密
语音编码方式	连续可变斜率调制 CVSD
发射距离	一般可达 10cm~10m,增加功率的情况下可达 100m



3. 蓝牙组网方式

蓝牙系统采用无基站的灵活组网方式,支持点对点或点对多点的通信方式,在蓝牙 2.0 标准中一个蓝牙设备可同时与 7 个其他的蓝牙设备相连接,如图 3-1 所示。

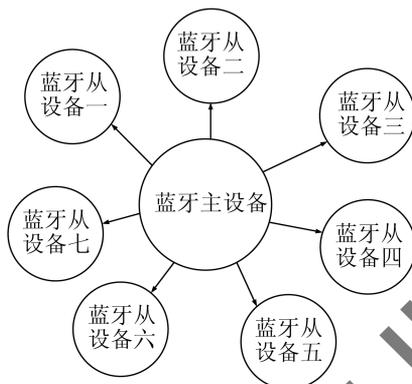


图 3-1 蓝牙的组网方式示意图

基于蓝牙技术的无线接入简称为 BLUEPAC (Bluetooth Public Access), 蓝牙系统的网络拓扑结构有两种形式: 微微网 (piconet) 和分布式网络 (Scatternet)。

微微网 (Piconet) 是通过蓝牙技术以特定方式连接起来的一种微型网络, 一个微微网可以只是两台相连的设备, 比如一台便携式电脑和一部移动电话, 也可以是 8 台连在一起的设备。

在微微网中, 所有设备的级别是相同的, 具有相同的权限, 采用自组式组网方式 (Ad-hoc)。微微网由主设备 (Master) 单元 (发起链接的设备) 和从设备 (Slave) 单元构成, 包含一个主设备单元和最多 7 个从设备单元。蓝牙手机与蓝牙耳机是一个简单的微微网, 手机作为主设备, 而耳机充当从设备。同时在两个蓝牙手机间也可以直接应用蓝牙功能, 进行无线的数据传输。

蓝牙分布式网络是自组网 (Ad Hoc Networks) 的一种特例, 其最大特点是无基站支持, 每个移动终端的地位是平等的, 并可独立进行分组转发决策。其建网的灵活性、多跳性、拓扑结构动态变化和分布式控制等特点是构建蓝牙分布式网络的基础。

4. 蓝牙技术的主要应用设备

蓝牙无线接入技术具有小规模、低成本、短距离连接等特点, 能够有效地简化掌上电脑、笔记本电脑和移动电话手机等移动通信终端设备之间的通信, 也能够成功地简化以上这些设备与 Internet 之间的通信, 从而使这些现代通信设备与因特网之间的数据传输变得更加迅速高效, 为无线通信拓宽道路。

蓝牙技术的主要缺点是传输距离短、传输速率慢。但由于蓝牙技术能耗低, 在物联网中低功耗蓝牙主要应用于医疗和健康传感器网络等电源供给有限的场合, 其应用的领域主要包括: 血氧计、血压计、体温计、体重秤、血糖仪、心血管活动监控仪、便携式心电图仪等等。蓝牙技术已经得到非常普遍的应用, 全球大约 80% 以上的手机都使用了蓝牙技术, 其中将近 100% 的智能手机都已经使用了蓝牙技术。利用每个人都拥有手机的优势, 蓝牙技术可以用在更加广阔的领域, 如车载网的应用、手机、电玩、电脑、手表、运动及健体、保健、汽车工业、家居电器、远程控制、自动化工业等等。



3.2.2 ZigBee 网络技术

ZigBee 技术是一种新兴的短距离无线通信技术,主要面向低速率无线个人区域网(Low Rate Wireless Personal Area Network, LRWPAN),典型特征是近距离、低功耗、低成本、低传输速率,主要适用于工业监控、远程控制、传感器网络、家庭监控、安全系统和玩具等领域,目的是为了满足不同小型廉价设备的无线联网和控制。ZigBee 技术采用三种频段:2.4GHz、868MHz 和 915MHz。2.4GHz 频段是全球通用频段,868MHz 和 915MHz 则是用于美国和欧洲的 ISM 频段,这两个频段的引入避免了 2.4GHz 附近各种无线通信设备的相互干扰。

1. ZigBee 与 IEEE802.15.4 协议

ZigBee 和 IEEE802.15.4 并不完全是一回事。IEEE802.15.4 是 IEEE 无线个人区域网(Personal Area Network, PAN)工作组的一项标准,被称作 IEEE802.15.4 技术标准,IEEE 仅处理低级 MAC 层和物理层协议。ZigBee 联盟在 802.15.4 的基础上,对其网络层协议和 API 进行了标准化。另外 ZigBee 联盟还开发了安全层,以保证使用 ZigBee 协议标准的物联网设备不会意外泄漏其标识,而且远距离传输的信息不会被其他节点获得。

ZigBee 联盟成立于 2001 年 8 月。2002 年下半年 ZigBee 联盟得以扩大,英国 Invensys 公司、日本三菱电气公司、美国摩托罗拉公司以及荷兰飞利浦半导体公司四大巨头共同宣布加入“ZigBee 联盟”,研发名为“ZigBee”的下一代无线通信标准。目前 ZigBee 联盟全球约有 400 多家成员,包括国际著名半导体生产商、技术提供者、代工生产商以及最终使用者,其总营业额突破 1 万亿美元。2011 年 6 月,ZigBee 联盟分别在北京和无锡设立了办事处,作为在中国开展物联网产业技术交流与合作的平台。

截至目前,ZigBee 共公布了三个协议标准,分别称为 ZigBee 2004, ZigBee 2006, ZigBee 2007。ZigBee 2007 规范了两套功能指令集,分别是 ZigBee 功能命令集和 ZigBee Pro 功能命令集。ZigBee 各个版本的比较如表 3-2 所示。

表 3-2 ZigBee 各版本的比较

版本号	ZigBee04	ZigBee06	ZigBee07	ZigBee07
指令集	无	无	ZigBee	ZigBee Pro
无线射频标准	802.15.4	802.15.4	802.15.4	802.15.4
地址分配	无	CSKIP	CSKIP	随机
拓扑	星状	树状、网状	树状、网状	网状
大网络	不支持	不支持	不支持	支持
自动跳频	是,3 信道	否	否	是
PANID 冲突决策	支持	否	可选	支持
数据分割	支持	否	可选	可选
多对一路由	否	否	否	支持
高安全	支持	支持,1 密钥	支持,1 密钥	支持,多密钥
支持节点数目	少量节点	300 个以下	300 个以下	1000 个以上
应用领域	消费电子	住宅	住宅	商业



2. ZigBee 主要技术特点

ZigBee 主要技术特点有:

(1)低功耗:这是 ZigBee 的一个显著特点。由于工作周期短、收发信息功耗较低以及采用了休眠机制,ZigBee 终端仅需要两节普通的五号干电池供电就可以工作六个月到两年。

(2)低成本:协议简单且所需的存储空间小,这极大降低了 ZigBee 的成本,每块芯片的价格仅 2 美元,而且 ZigBee 协议免专利费。

(3)时延短:通信时延和从休眠状态激活的时延都非常短。设备搜索时延为 30ms,休眠激活时延为 15ms,活动设备信道接入时延为 15ms。这样一方面节省了能量消耗,另一方面更适用于对时延敏感的场所,例如一些应用在工业上的传感器需要以毫秒的速度获取信息,以及安装在厨房内的烟雾探测器也需要在尽量短的时间内获取信息并传输给网络控制者,从而阻止火灾的发生。

(4)传输范围小:在不使用功率放大器的前提下,ZigBee 节点的有效传输范围一般为 10~75m,能覆盖普通的家庭和办公场所。如果连接功率放大器,传输距离可以达到 1000m。

(5)数据传输速率低:2.4GHz 频段为 250kb/s,915MHz 频段为 40kb/s,868MHz 频段只有 20kb/s。

(6)数据传输的可靠性:由于 ZigBee 采用了碰撞避免机制,从而避免了发送数据时的竞争和冲突。MAC 层采用完全确认的数据传输机制,每个发送的数据包都必须等待接收方的确认信息,保证了节点之间传输信息的高可靠性。

(7)安全性好:ZigBee 提供了基于循环冗余校验(CRC)的数据包完整性检查功能,支持鉴权和认证,采用了 AES-128 的加密算法,各个应用可以灵活确定其安全属性。

3. ZigBee 网络结构

在 ZigBee 网络中节点按照不同的功能,可以分为协调器节点、路由器节点和终端节点 3 种。一个 ZigBee 网络由一个协调器节点、多个路由器和多个终端设备节点组成。

(1)协调器节点(Coordinator):协调器的主要角色是建立和配置网络(一旦建立完成,这个协调器的作用就像路由器节点一样,网络操作可以不依赖这个协调器的存在,这得益于 ZigBee 网络的分布式特性)。协调器节点选择一个信道和网络标识符(PAN ID),然后开始组建一个网络。协调器设备在网络中还有其他作用,比如建立安全机制,完成网络中的绑定和建立等。

(2)路由器节点(router):路由器节点可以作为普通设备使用,另外可以作为网路中的转接节点,用于实现多跳通信,辅助其他节点完成通信。

(3)终端节点(End Device):位于 ZigBee 网络的最终端,完成用户功能,比如信息的收集、设备的控制等等。一个终端设备对于维护这个网络设备没有具体的责任,所以它可以选择睡眠或唤醒状态,以最大化节约电池能量。

ZigBee 的网络结构具有星状(star),树状(tree),网状(mesh)3 种网络拓扑,如图 3-2 所示。

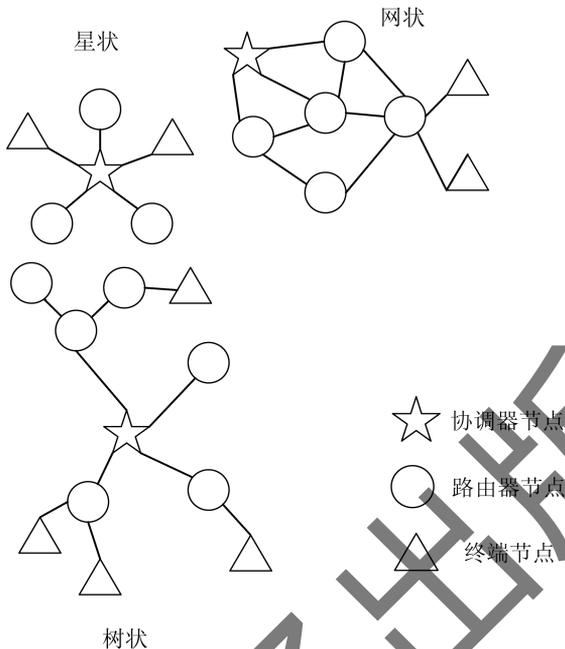


图 3-2 ZigBee 组网示意图

在星状拓扑中,一个协调器和多个路由器或者终端节点相连,终端节点之间必须通过协调器联系,而不能直接进行通信。

树状拓扑中,以一个协调器为始,开始由路由向下生长,可以到路由设备结束也可以到终端设备结束。

在网状拓扑中,除终端设备外,一个设备可以和多个设备相连。而终端设备只能和一个路由或者一个协调器相连。

三种拓扑中 MESH 网络应用最为广泛,在这种网络中,其中任何一个设备出现问题均不影响这个网络中其余设备之间的通信。而在星状拓扑中,当协调器出现问题时,这个网络就会崩溃。在树状网络中,当父枝节点出现问题时,整个子枝节点都无法接入该网络。因此 MESH 网络应用最为广泛,当然也最为复杂。

4. ZigBee 应用场景

ZigBee 主要应用范围很广,这得益于 ZigBee 具有的低速率、低成本和低功耗的特点。如图 3-3 所示,ZigBee 可以广泛应用的领域包括工业、农业控制、商业领域、消费性电子、PC 机的外围设备、家庭自动化、玩具和游戏、个人健康监护、医用设备控制、汽车自动化等领域。具体地讲,ZigBee 技术可以应用到消费性电子设备、家庭和建筑自动化设备,智能家居(照明控制、各类窗帘控制、家庭安防、暖气控制、内置家居控制的机顶盒、万能遥控器等)、环境检测与控制、自动读表系统、烟雾传感器、医疗监控系统、大型空调系统、工业和楼宇自动化、安全监控、工业控制、传感器控制等方面。

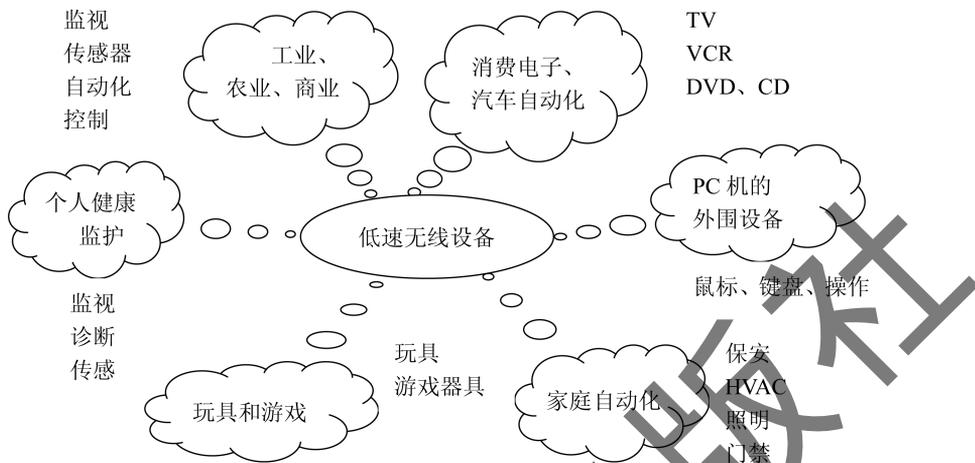


图 3-3 ZigBee 应用场景

下面针对消费性电子设备、工业控制、汽车及智能交通、农业自动化、医疗辅助控制等应用举一些简单的例子。

(1) 消费性电子设备。消费性电子设备和家居自动化是 ZigBee 技术最有潜力的市场,有着广阔的发展前景。

消费性电子设备包括手机、PDA、笔记本电脑、数码相机、儿童玩具、游戏机等。利用 ZigBee 技术很容易实现相机或者摄像机的自拍,特别是手机或者 PDA 中加入 ZigBee 芯片后,就可以被用来控制电视开关、调节空调温度、开启微波炉等。基于 ZigBee 技术的个人身份卡能够代替家居和办公室的门禁卡,加上个人电子指纹识别系统,将有助于实现更加安全的门禁系统,嵌入 ZigBee 设备的信用卡可以更加方便地实现无线提款和移动购物,商品的详细信息也将通过 ZigBee 设备广播给顾客。

在智能家居领域,利用 ZigBee 技术可以实现如空调系统的温度控制、照明的自动控制、窗帘的自动控制、煤气计量控制、家用电器的远程控制、自动抄表等,必将在很大程度上改善我们的生活体验。

(2) 工业控制。生产车间可以利用 ZigBee 设备组成传感网络,自动采集、分析和处理设备运行的数据,适合危险场合、人力所不能及或者不方便的场所,如危险化学成分检测、锅炉温度检测、高速旋转及其转速监控、火灾的监测和预报等,以帮助工厂技术和管理人员及时发现问题。将 ZigBee 技术用于现代工厂中央控制系统的通信系统,可以免去生产车间内大量的布线,降低安装和维护的成本,便于网络的扩容和重新配置。此外,通过 ZigBee 网络自动收集各种信息,并将信息回馈到系统进行数据处理与分析,以利掌握工厂的整体信息,例如火警的监测和报警,照明系统自动控制,生产机台之流程控制等,都可利用 ZigBee 网络提供相关信息,达到工业与环境控制的目的。

(3) 汽车及智能交通。汽车车轮或者发动机内安装的传感器可以借助 ZigBee 网络把检测的数据及时地传送给司机,从而能够使司机及时发现问题,降低事故发生的可能性。汽车中使



用的 ZigBee 设备需要克服恶劣的无线电传播环境对信号发送接收的影响以及金属结构对电磁波的屏蔽效应等。

利用 ZigBee 技术,比如沿着街道、高速公路及其他地方分布式地安装大量 ZigBee 终端设备,行驶的汽车可以借助汽车和道路组成的智能交通系统得到更多的服务,行驶会更安全。利用 ZigBee 技术还可以开发出其他功能,如在不同街道根据交通流量动态调节红绿灯,追踪超速的汽车或被盗的汽车等等。

(4)农业自动化。ZigBee 应用于农业自动化领域的特点是需要覆盖的区域很大,因此需要由大量的 ZigBee 设备构成网络,通过各种传感器采集诸如土壤温度、氮元素浓度、降水量、湿度和气压等信息,以帮助农民及时地发现问题,并且准确地确定发生问题的地点。未来农业将可能逐渐从以人力为中心转变为以自动化、智能化、远程控制为特点的自动化控制为中心。另外利用 ZigBee 技术还可以收集各种土壤信息和气候信息实现精准农业、智能温室大棚控制、智能灌溉控制等应用。

(5)医疗辅助控制。在医院里可以借助各种传感器和 ZigBee 网络,准确、实时地监测病人的血压、体温和心率等信息,帮助医生快速作出反应,特别适用于对重症和病危患者的看护和治疗。此外,利用 ZigBee 技术还可以实现远程医疗、远程监护、远程治疗等应用。

3.2.3 UWB 超宽带技术

1. UWB 技术简介

“UWB”(Ultra Wideband)是超宽带无线技术的缩写。UWB 技术是一种使用 1GHz 以上带宽的无线通信技术。尽管使用无线通信,但其通信速度可以达到几百 Mbit/s 以上。

UWB 无线通信的历史可以追溯到 20 世纪 50 年代,早期的超宽带系统利用占用频带极宽的超宽基带脉冲进行通信,主要应用于军用的雷达以及低截获率/低侦测率的通信系统。2002 年 4 月,美国联邦通信委员会(FCC)发布了民用 UWB 设备使用频谱和功率的初步规定。规定中将相对带宽大于 0.2 或在传输的任何时刻带宽大于 500MHz 的通信系统称为 UWB 系统。

2. UWB 的主要技术特点

(1)超宽带带来全新的通信方式及频谱管理模式。多年来,传统的无线通信技术大都是基于正弦载波的,而消耗大量发射功率的载波本身并不传送信息,真正用来传送信息的是调制信号,即用某种调制方式对载频进行调制。而超宽带系统可以无载波方式,即不使用正弦载波信号,直接调制超短窄脉冲,从而产生一个数吉赫兹(GHz)量级的大带宽。这种传输方式上的革命性变化将带来一种崭新的无线通信方式。同时,作为一种与其他现存传统无线技术共享频带的无线通信技术,对于目前日益紧张的、有限的频谱资源,超宽带技术有其独特的优势,全球频谱规划组织也对其表示高度关注和支持。

(2)抗多径能力强。UWB 发射的是持续时间极短的单周期脉冲,且占空比极低,多径信号在时间上是可分离的,因此具有很强的抗多径能力。多径衰落一直是传统无线通信难以解决的问题,而 UWB 信号由于带宽达到数吉赫兹(GHz),具有高分辨率,能分辨出时延达纳秒级的多径信号,而恰好室内等多径场合的多径时延一般也是纳秒级。这样 UWB 系统在接收端可以实



现多径信号的分集接收。

(3)定位精确。冲激脉冲具有很高的定位精度和穿透能力,采用超宽带无线电通信,很容易将定位与通信合一,在室内和地下进行精确定位。信号的距离分辨力与信号的带宽成正比。由于信号的超宽带特性,UWB系统的距离分辨精度是其他系统的成百上千倍。UWB信号脉冲宽度在纳秒级,其对应的距离分辨能力可高达厘米级,这是其他窄带系统所无法比拟的。这使得超宽带系统在完成通信的同时还能实现准确定位跟踪,定位与通信功能的融合极大地扩展了系统的应用范围。

(4)保密性强。UWB信号一般把信号能量弥散在极宽的频带范围内,功率谱密度低于自然的电子噪声,采用编码对脉冲参数进行伪随机化后,脉冲的检测将更加困难。由于UWB信号本身巨大的带宽及FCC对UWB系统的功率限制,使UWB系统相对于传统窄带系统的功率谱密度非常低。低功率谱密度使信号不易被截获,具有一定的保密性,同时对其他窄带系统的干扰也很小。

(5)UWB具有超高速、超大容量、抗截获性好等诸多优点。超宽带的低功耗特点对于用便携式电池供电的系统长时间工作是非常重要的。UWB以非常宽的频率带宽来换取高速的数据传输,在10m的传输范围内,信号的传输速率可达500Mbit/s。

(6)系统结构简单、成本低、易数字化。UWB通过发送纳秒级脉冲来传输数据信号,其发射机直接用脉冲小型激励天线,不需要功放与混频器;同时在接收端,也不需要中频处理。UWB系统发射和接收的是超短窄脉冲,无需采用正弦载波而直接进行调制,接收机利用相关器能直接完成信号检测。这样,收发信机不需要复杂的载频调制解调电路和滤波器,它只需要一种数字方式来产生超短窄脉冲。因此,可以大大降低系统复杂度,减少收发信机的体积和功耗,易于数字化和采用软件无线电技术。

3. UWB 的应用

超宽带无线通信应用按照通信距离大体可以分为两类,一类是短距离高速应用,数据传输速率可以达到数百Mbit/s,主要是构建短距离高速WPAN、家庭无线多媒体网络以及替代高速短程有线连接,如无线USB和DVD,典型的通信距离是10m;另一类是中长距离(几十米以上)低速率应用,通常传输速率为1Mbit/量级,主要应用于无线传感器网络和低速率连接。

UWB在物联网中的应用大致分为三个方面:

(1)雷达成像系统,包括穿地雷达、墙中成像雷达、穿墙成像雷达、医学成像系统、监视系统等。在雷达成像中,主要以UWB穿墙成像雷达为主,它利用持续时间极为短暂的UWB信号脉冲穿过一定厚度的墙壁,通过设置在成像设备上的信息屏幕,获取墙壁另一侧物体(运动)信息。

(2)高速无线通信应用。UWB可以作为一种短距离高速传输的无线接入手段,非常适合无线个域网的应用。UWB将通过支持无线USB的应用,取代传统的无线接入手段,使无线高速USB应用成为可能。UWB可应用于移动通信、计算机及其外设、消费电子、信息安全等诸多方面,如家用高清电视图像传送、数字家庭宽带无线连接、消费电子中高速数据传输。另外在智能家居、工业控制方面都能提供短距离高速无线接入,尤其适用于室内等密集多径场所的高速



无线接入应用。

(3)精确定位应用。UWB 由于其高分辨率,在精确测量定位系统中得到了广泛应用,汽车防撞雷达系统就是一个典型的例子。

3.2.4 Z-wave 技术

1. Z-wave 技术简介

Z-wave 技术是由丹麦的芯片和软件开发商 Zensys 公司开发的一种短距离无线通信技术,起初主要用于智能无线家居(Intelligent Wireless Home),为促进消费者在无线家居控制领域应用 Z-wave 技术,确保所有成员的系统和设备之间的互通性,给产品提供售后合作和服务,2005 年 1 月,Zensys 公司与其他 60 多家厂商在 CES(Consumer Electronics Show)大会上宣布成立 Z-wave 联盟(Z-wave Alliance)。目前,Z-wave 联盟已有 160 多家公司加入,Z-wave 联盟虽然没有 ZigBee 联盟强大,但是 Z-wave 联盟的成员均是已经在智能家居领域有现行产品的厂商,范围基本覆盖全球各个国家和地区。尤其是国际大公司如思科(Cisco)与英特尔(Intel)的加入,强化了 Z-wave 在家庭自动化领域的地位。就市场占有率来说,Z-wave 在欧美普及率比较高。

Z-wave 的主要工作频段有两个,一个是 868.42MHz(欧洲),另外一个则是 908.42MHz(美国),传输速率一般在 40kbps 左右,每个网络可容纳 232 个节点,若想联系更多节点,可以使用跨网的桥接(Bridge)技术。

2. Z-wave 网络结构

Z-wave 网络的节点分为三个等级,最高等级的节点是控制节点(Controllers),它存储网络中的所有节点的拓扑信息,计算信息传输的路径,规定网络中所有节点的路由地址,在网络中可充当中继器。控制节点的具体形式可以是移动的,如手持的遥控器;也可以是固定在某一位置,时刻侦听网络中的消息;还可以是网桥的形式,利用它可以实现对一些使用交流电设备的管理,当网络中有不支持 Z-wave 协议的设备时,可以利用其作代理。

第二等级的节点是路由节点(Routing Slaves),与控制节点不同的是路由节点只储存与它相关的部分网络拓扑信息,定义部分节点的路由地址,在网络中也可以充当中继器。最低等级的节点是从节点(Slaves),它不存储拓扑信息,也不计算信息传输的路径,只是响应控制节点和路由节点传来的命令,并将反馈信息沿原路传回。从节点固定在 Z-wave 网络的某一位置,必须时刻侦听网络命令,在网络中充当中继器。

3. Z-wave 网络的安装

Z-wave 网络地址由 40 比特组成,前 32 位称为家庭地址(HomeID),后 8 位称为节点地址(NodeID)。家庭地址是唯一的,不同 Z-wave 网络的家庭地址是不同的,这样就避免了相邻网络之间的相互干扰。节点地址在节点所在的网络是唯一的,家庭地址和节点地址由控制节点(Controllers)设置,节点只接受具有相同家庭地址节点传来的信息。

由于 Z-wave 网络的节点都具有双向应答机制,当节点被分配了家庭地址和节点地址并接入 Z-wave 网络之后,节点能够自动地寻找周围的邻居节点,邻居节点也会向这个新节点发送确



认信息,如图 3-4 所示。控制节点发出寻找节点的信息后,获取节点 1 的信息,然后分配地址给节点 1,节点 1 反馈信息给控制节点,加入网络。其他节点的加入网络方式和控制节点类似。

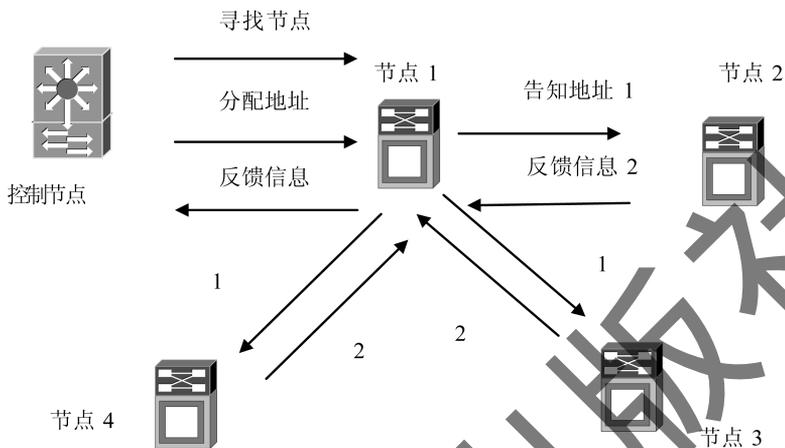


图 3-4 Z-wave 组网示意图

4. Z-wave 路由技术

Z-wave 技术采用了动态路由选择原理,提供了一个几乎没有限制的信号有效覆盖区域,可以把信号从一台设备反复地传送给另一台设备,确保信号越过屏蔽区和反射区,覆盖整个网络区域。Z-wave 的网络是网格结构(Mesh Architecture),所有节点都具有路由选择能力,信号能够自动地从一个节点发送到下一个节点,可以绕过障碍物或无线电盲区。这使得 Z-wave 实现了几乎无限制的无线信号覆盖范围,大大提高了可靠性。例如图 3-5 所示,卧室 1 里的主人想要关掉餐厅里的灯 A,按照 Z-wave 协议,关灯的信号可经过灯 K 直接到灯 A,此时由于网络通信障碍比如说厨房里冰箱的门打开了,挡住了信号的去路,如图中细线所示,这时 Z-wave 会自动选择其他的路径,将信号经灯 M 传送至灯 A,如图中粗线所示。

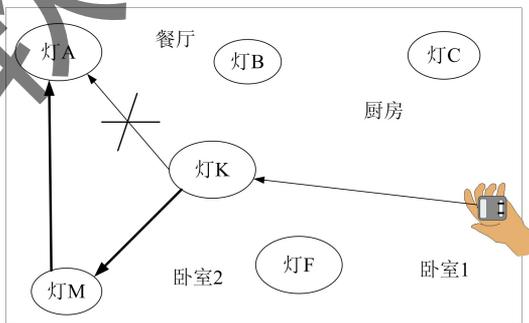


图 3-5 Z-wave 网络选择

5. Z-wave 的应用

作为一种基于射频的、低成本、低功耗、小尺寸、易使用、高可靠性的适于组网的双向无线通信技术,Z-wave 在智能家居方面得到了广泛应用。利用一个 Z-wave 控制器,在一所公寓内可以同时控制若干家用电器、灯具、抄表器、门禁、通风空调设备、家用网关、自动报警器等。如



果将 Z-wave 技术与其他技术(如 Wi-Fi 技术)相结合,用户就可以利用手机、PDA、互联网、遥控器等多种手段对 Z-wave 网络中的家电、自动化设备甚至是门锁进行远程控制。用户还可以设定相应的“情景”:比如影院模式,会自动合上客厅的窗帘,降低电灯的亮度,并且启动电视机或者投影仪。由于采用了通用的标准,不同公司出品的 Z-wave 产品之间都可以互联互通,这给用户带来了极大的方便。

3.2.5 其他短距离通信技术

本节主要介绍 RFID 通信技术手段、NFC(近距离通信技术)和 IrDA(红外通信技术)等。

1. RFID 通信技术

RFID(Radio Frequency Identification)技术,又称电子标签、无线射频识别,是一种通过无线电讯号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触的通信技术。

RFID 的出现可追溯至 20 世纪 30 年代,美国陆军和海军为了识别陆地、海上和空中的目标,开发了敌我识别系统以便将盟军和敌军的飞机区别开来,这是早期 RFID 技术的萌芽。RFID 的商业应用主要用于电子物品监控(Electronic Article Surveillance, EAS),即保证仓库、图书馆等的物品安全和监视;到了 80 年代早期,更加完善的 RFID 技术和应用出现,比如铁路车辆的识别、农场动物和农产品的跟踪;20 世纪 90 年代,道路电子收费系统在大西洋沿岸得到广泛应用,从意大利、法国、西班牙、葡萄牙、挪威,到美国的达拉斯、纽约和新泽西。这些系统提供了更完善的访问控制特征,因为它们集成了支付功能,也成为综合性集成 RFID 应用的开始。目前 RFID 技术应用领域相当广泛,如零售、制造业、服装业、医疗、身份识别、防伪、交通、资产管理、食品、动物识别、图书馆、汽车、航空、军事等等。

RFID 系统至少包含电子标签和阅读器两部分。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。典型的阅读器包含有高频模块(发送器和接收器)、控制单元以及阅读器天线。其中电子标签又称为射频标签、应答器、数据载体;阅读器又称为读出装置,扫描器、通信器、读写器(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,实现能量的传递和数据的交换。

RFID 阅读器按照频率分,可分为低频(125KHz)、高频(13.54MHz)、超高频(850~910MHz)、微波(2.45GHz)。不同的频率有不同的特点,因此它们的用途也不同。例如,低频标签比超高频标签便宜、穿透度金属物体力强,最适合用于含水成分较高的物体,例如水果等。超高频作用范围广,传送数据速度快,但是耗能大,穿透力较弱,作业区域不能有太多干扰,适合用于监测从海港运到仓库的物品等。

详细的介绍请参见 2.2 射频识别技术。

2. NFC 近距离通信技术

近场通信(Near Field Communication, NFC),又称近距离无线通信,是一种短距离的高频无线通信技术,允许电子设备之间进行非接触式点对点数据传输(在十厘米内)和数据



交换。

NFC 技术最早由 Sony 和 Philips 各自开发成功,由免接触式射频识别(RFID)演变而来,最初只是 RFID 技术和网络技术的简单合并,并向下兼容 RFID。与 RFID 不同的是,NFC 具有双向连接和识别的特点,工作频率为 13.56MHz,作用距离只有 10 厘米左右。

NFC 主要用于手机等手持设备中提供 M2M(Machine to Machine)的通信。NFC 芯片装在手机上,使用手机就可以实现小额电子支付和读取其他 NFC 设备或标签的信息。NFC 的短距离交互大大简化整个认证识别过程,使电子设备间互相访问更直接、更安全和更清楚。通过 NFC,电脑、数码相机、手机、PDA 等多个设备之间可以很方便快捷地进行无线连接,进而实现数据交换和服务。由于近场通信具有天然的安全性,因此 NFC 技术被认为在手机支付等领域具有很大的应用前景。另外,NFC 技术可以用在安防、智能家居、智能图书馆等领域。

3. IrDA 红外技术

IrDA 红外技术是利用红外线传输信息的方式。红外线是波长在 750nm~1mm 的电磁波,其频率高于微波而低于可见光,是一种人眼看不到的光线。目前无线电波和微波已被广泛应用在长距离的无线通信中,但由于红外线的波长较短,对障碍物的衍射能力差,所以更适合应用在有需要短距离无线通信场合点对点的直接线数据传输。

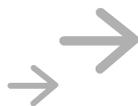
红外通信利用 950nm 近红外波段的红外线作为传递信息的媒体和通信信道。发送端采用脉冲调制(PPM)方式,将二进制数字信号调制成某一频率的脉冲序列,并驱动红外发射管以光脉冲的形式发送出去;接收端将接收到的光脉转换成电信号,再经过放大、滤波等处理后送给解调电路进行解调,还原为二进制数字信号后输出。

传统的红外通信主要应用在家电和汽车防盗遥控器方面,由于调制技术、相关收发器技术的快速发展,红外传输应用也发生了质的飞跃。1993 年国际红外线协会在美国成立,积极整合建立红外传输的标准,极大地推动了红外产品的发展。

个人笔记本、PDA、数码相机等产品的普及带动了红外传输的发展。国际红外线协会 1994 年推出了 1.0 版红外线资料交换标准,传输速度为 115.2Kbps,目前的最大传输速度最大速率已达 4Mbps 以上。2006 年,红外无线技术已经有了庞大的用户群。当时红外数据通信技术(IRDA)已拥有每年一亿五千万套的设备安装量,并且它保持着每年 40% 的高速增长。红外通信技术已被全球范围内的众多软硬件厂商所支持和采用,目前主流的软件和硬件平台均提供对它的支持。手机市场上,各大主流厂商也早已在其产品中配套支持了红外通信技术。从当前的情况来看,红外技术无论是从应用覆盖度,技术成熟度和用户接受度来说,都在各类无线通信技术中处于领先地位。

3.3 无线局域网络技术

无线局域网(Wireless local area network,WLAN)是计算机网络与无线通信技术相结合的



产物。无线局域网利用电磁波在空气中发送和接收数据,无需线缆介质,具有传统局域网无法比拟的灵活性。无线局域网的通信范围不受环境条件限制,网络传输范围大大拓宽,最大传输范围可达几十公里。在有线局域网中,两个站点间距离被限制在 500 米,即使采用单模光纤也只能达到 3000 米,而无线局域网中两个站点间距离目前可达几十公里,距离数公里的建筑物中的网络可以集成为同一个局域网。此外,无线局域网抗干扰性强、网络保密性好。对于有线局域网中的诸多安全问题,在无线局域网中基本上可以避免。而且相对于有线网络,无线局域网组建、配置和维护较为容易,一般计算机工作人员都可以胜任网络的管理工作。由于 WLAN 具有多方面的优点,其发展十分迅速,在最近几年里,WLAN 已经在医院、商店、工厂和学校等不适合网络布线的场合得到了广泛的应用。

1. 无线局域网的技术要点

无线局域网主要有 5 个技术要点:可靠性、兼容性、数据传输速率、通信安全和移动性。

(1) 可靠性。应保证无线局域网的误码率尽可能低,否则大量检错重发的分组会使网络的实际吞吐量大大下降。

(2) 兼容性。室内应用的局域网,应尽可能与现有的有线局域网兼容,现有的网络操作系统和网络软件应能在无线局域网上不加修改地直接运行。

(3) 数据传输速率。为了满足局域网的业务环境,无线局域网至少应具备 1Mb/s 的数据传输速率。

(4) 通信安全。无线局域网可在不同层次采取措施来保证通信的安全性。具体为:扩频、跳频无线传输技术本身使监听者难以捕捉到有用的数据;为防止不同局域网间干扰和数据泄露,需采取网络隔离或设置网络认证措施,设置严密的用户口令及认证措施,防止非法用户入侵;设置用户可选的数据加密方案,数据包中的数据在发送到局域网之前要用软件或硬件的方法进行加密,只有拥有正确密钥的站点才可以读取这些数据,而即使信号被盗,盗窃者也难以理解其中的内容。

(5) 移动性。无线局域网中的网站可分为全移动站和半移动站。全移动站指在网络覆盖范围内该站可在移动状态下保持与网络的通信;半移动站是指在网络覆盖范围内该站可自由移动,但仅在静止状态下才能与网络通信。

2. 无线局域网的组成

无线局域网的基本构件有无线网卡和无线网关。

(1) 无线网卡。无线网卡的作用类似于以太网卡,作为无线网络的接口,实现计算机与无线网络的连接。按照接口类型的不同,无线网卡分为三种类型,即 PCMCIA 无线网卡、PCI 无线网卡和 USB 无线网卡。PCMCIA 无线网卡仅适用于笔记本式计算机,支持热插拔,可以非常方便地实现移动式无线接入;PCI 无线网卡适用于普通的台式计算机;USB 无线网卡适用于笔记本式计算机和台式机,支持热插拔。

(2) 无线网关。无线网关也称无线网桥、无线接入点或无线 AP(Access Point),可以起到以太网中的集线器的作用。无线 AP 有一个以太网接口,用于实现无线和有线的连接。任何一台装有无线网卡的计算机均可以通过 AP 访问有线局域网甚至广域网资源。AP 还具有网管功



能,可对接有无线网卡的计算机进行控制。

3. 无线局域网的拓扑结构

(1) 无中心拓扑。

无中心拓扑要求网中任意两点均可直接通信,只要给每台计算机安装一块无线网卡,即可相互通信。无中心拓扑最多可连接 256 台计算机。无中心拓扑是一种点对点方案,网络中的计算机只能一对一互相传递信息,而不能同时进行多点访问。要实现与有线局域网的互联,必须借助接入点(AP)。无中心拓扑的区域较小,但结构简单,使用方便。

(2) 单接入点拓扑。

AP 相当于有线网络中的集线器。无线接入点可以连接周边的无线网络终端,形成星形网络结构。接入点负责频段管理及漫游等工作,同时 AP 通过以太网接口可以与有线网络相连,使整个无线网的终端都能访问有线网络资源,并可通过路由器访问 Internet。

(3) 多接入点拓扑。

多接入点方式又称为基本服务区(BSA)。当网络规模较大,超过了单个接入点的覆盖半径时,可以采用多个接入点分别与有线网络相连,形成以有线网络为主干的多接入点的无线网络,所有无线终端可以通过就近的接入点接入网络,访问整个网络的资源,从而突破无线网覆盖半径的限制。

(4) 多蜂窝漫游工作方式。

在较大范围部署无线网络时,可以配置多个接入点,组成微蜂窝系统。微蜂窝系统允许一个用户在不同的接入点覆盖范围内任意漫游。随着位置的变换,信号会由一个接入点自动切换到另外一个接入点。整个漫游过程对用户是透明的,虽然提供连接服务的接入点发生了切换,但用户的服务不会被中断。

4. 无线局域网 WLAN 的标准 IEEE802.11

1990 年 11 月成立 IEEE802.11 委员会负责制定 WLAN 标准。无线局域网第一个版本发表于 1997 年,其中定义了介质访问接入控制层(MAC 层)和物理层。物理层定义了工作在 2.4GHz 的 ISM 频段上的两种无线调频方式和一种红外传输的方式,总数据传输速率设计为 2Mbit/s。两个设备之间的通信可以自由直接(Ad hoc)的方式进行,也可以在基站(Base Station,BS)或者访问点(Access Point,AP)的协调下进行。

1999 年,发布了两个补充版本:802.11a 定义了一个在 5GHz ISM 频段上的数据传输速率可达 54Mbit/s 的物理层,802.11b 定义了一个在 2.4GHz 的 ISM 频段上但数据传输速率高达 11Mbit/s 的物理层。2.4GHz 的 ISM 频段为世界上绝大多数国家通用,因此 802.11b 得到了最为广泛的应用。苹果公司把自己开发的 802.11 标准命名为 AirPort。1999 年工业界成立了 Wi-Fi 联盟,致力解决符合 802.11 标准的产品的生产和设备兼容性问题。

IEEE802.11 系列近几年得到很快发展,802.11g、802.11n 相继发布,尽管 802.11ac 预计 2012 年年底或 2013 年才得以发布,但美国 Netgear 发布首款 802.11ac 无线路由器,已经开始向千兆速度冲击。具体 802.11 系列的标准参数比较如表 3-3 所示。



表 3-3

802.11 系列标准参数比较

标准版本	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
发布时间	1999 年	1999 年	2003 年	2009 年	未定
工作频段	5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4、5GHz	5GHz
传输速率	54Mbps	11Mbps	54Mbps	600Mbps	1Gbps
编码类型	OFDM	DSSS	OFDM、DSSS	MIMO-OFDM	MIMO-OFDM
信道宽度	20MHz	22MHz	20MHz	20/40MHz	20/40/80/160MHz
天线数目	1×1	1×1	1×1	4×4	8×8

本节首先介绍基于 802.11 系列的 Wi-Fi 技术,然后介绍 Ad Hoc 无线局域网技术。

3.3.1 Wi-Fi 技术

1. Wi-Fi 技术简介

Wi-Fi(Wireless Fidelity,无线高保真)属于无线局域网的一种,通常是指符合 IEEE802.11b 标准的网络产品,Wi-Fi 可以将个人电脑、手持设备(如 PDA、手机)等终端以无线方式互相连接。

通常人们会把 Wi-Fi 及 IEEE802.11 混为一谈,甚至把 Wi-Fi 等同于无线网际网络。但实际上 Wi-Fi 是一个无线网络通信技术的品牌,由 Wi-Fi 联盟(Wi-Fi Alliance)所持有,目的是改善基于 IEEE802.11 标准的无线网络产品之间的互通性,保障使用该商标的商品互相之间可以合作。因此 Wi-Fi 可以看做是对 IEEE802.11 标准的具体实现。但现在人们逐渐习惯用 Wi-Fi 来称呼 802.11 协议,已经成为 802.11 协议的代名词。

目前全球约 10%的人口正在使用 Wi-Fi 与他人连接,有 10 亿多部 Wi-Fi 设备投入使用。2009 年 Wi-Fi 设备出货量为 5.8 亿部,预计 2011 年该数字将达到 10 亿,2013 年将继续增长至 15 亿。

现在越来越多的家用电器及电子产品开始支持 Wi-Fi 功能。Wi-Fi 的普及以及相关软件的发展将会使家用电器完成功能上的飞跃。通过网络将各种家电连接,可实现功能上的重构和资源的再配置。随着网络的普及和推广,将局域网中的各种带有网络功能的家用电器通过无线技术连接成局域网,并与外部 Internet 相连,构成智能化、多功能的现代家居智能系统将会成为新的流行趋势。

2. Wi-Fi 技术标准

Wi-Fi 技术标准按其速度和技术新旧可分为:IEEE802.11a、IEEE802.11b、IEEE802.11g、IEEE802.11n 和 IEEE802.11ac 等。具体见表 3-3。

按照 802.11 发布的先后,可以认为自 1997 年最早出现的 802.11 标准算作第一代,速率仅为 2Mbps,到第五代 802.11ac,通信速率已经达到 1.3Gbps,期间经历了近十几年时间。

第一代 Wi-Fi 802.11-1997:最先提出的 Wi-Fi 标准是 802.11-1997,速度只能达到 1~2Mbps,可以被 Infrared(红外传输)、FHSS(调频扩频技术)、DSSS(直接序列扩频技术)替



代。速率过低加上传输器和接收器价格相当昂贵,以至该标准并未得到推广。直到 1999 年,802.11a/b 的推出,Wi-Fi 技术才得到认可。

第二代 Wi-Fi 802.11a/b:在 1999 年,802.11a/b 标准面世。其中,802.11a 采用 5GHz 频率,速度达到 54Mbps,但存在覆盖范围小,穿透性差的缺点;802.11b 继承 DSSS 技术,工作频段在 2.4GHz,速率达到 11Mbps,但存在抗干扰性差的缺点。虽然仍存在不足,但 802.11a/b 无论从速率还是价格上都相比前一代 Wi-Fi 标准有了很大的进步,移动性网络的优势也得到彰显,因此第二代 Wi-Fi 很快就受到消费者青睐,尤其是 802.11b。

第三代 Wi-Fi 802.11g:随着以太网速率的不断提升,802.11 标准也不断改进。2003 年,802.11g 标准面世,其工作在 2.4GHz 频段,能兼容 802.11b,采用 OFDM 调制技术,与 802.11a 调制方式相同,便于双频产品的设计,速率能达到 54Mbps,同时在价格上只略高于 802.11b 标准产品,可为用户提供更高性能、更低价格的无线网络。在同样达到 54Mbps 的数据速率时,802.11g 的设备能提供大约两倍于 802.11a 设备的距离覆盖。因此 802.11g 得到市场的快速接受。

第四代 Wi-Fi 802.11n:2009 年,IEEE 正式通过 802.11n 标准。得益于将 MIMO(多人多出)与 OFDM(正交频分复用)技术相结合而应用的 MIMO-OFDM 技术,在传输速率方面,802.11n 可以将 WLAN 的传输速率由目前 802.11a 及 802.11g 提供的 54Mbps,提高到 300Mbps 甚至高达 600Mbps。在覆盖范围方面,802.11n 采用智能天线技术,通过多组独立天线组成的天线阵列,可以动态调整波束,保证让 WLAN 用户接收到稳定的信号,并可以减少其他信号的干扰。在兼容性方面,802.11n 采用了一种软件无线电技术,它是一个完全可编程的硬件平台,使得不同系统的基站和终端都可以通过这一平台的不同软件实现互通和兼容,这意味着 802.11n 不仅能向前后兼容,而且可以实现 WLAN 与无线广域网络的结合,比如 3G。目前 802.11n 已经成为主流标准,D-Link、Aigo、Bermi、Broadcom 以及杰尔系统、Atheros、思科、Intel 等厂商推出的无线网卡、无线路由器等产品,已经大量应用在 PC、笔记本电脑中。

第五代 Wi-Fi 802.11ac:IEEE 标准协会从 2008 年起就开始推动 802.11ac 5G Wi-Fi 标准的制定,虽然完整的官方标准预计要到 2013 年第一季度才能面世,但很多芯片、路由器、网关等硬件设备厂商已经开始了相关产品的研发。802.11ac 标准实现高达 1.3Gbps 的传输速率,是 802.11n 最高速率的 3 倍,满足高清视频播放需求;可同时容纳更多的接入设备,提升网络覆盖范围,有效减少网络盲区;功耗上仅为之前产品的 1/6,带给用户更好的移动体验。随着应用需求驱动部署,向 802.11ac 演进的通道已开启,在芯片厂商的不断创新下,成本不断降低,相关设备商不断跟进推出 802.11ac 产品。规模化普及不断加速,很快 802.11ac 将取代 802.11n 成为主流。

3. Wi-Fi 技术优势

Wi-Fi 技术具有如下五大技术优势:

(1)无线电波覆盖范围广,由于基于蓝牙技术的电波覆盖范围非常小,半径大约只有 15m,而 Wi-Fi 的半径则可达 100m 左右,有的 Wi-Fi 交换机甚至能够把无线网络接近 100m 的通信距离扩大到约 6500m。



(2) 传输速度非常快,可以达到 11Mbit/s,符合个人和社会信息化的需求。在网络覆盖范围内,允许用户在任何时间、任何地点访问网络。随时随地享受诸如网上证券、视频点播(VOD)、远程教育、视频会议、网络游戏等一系列宽带信息增值服务,并实现移动办公。

(3) 厂商进入该领域的门槛比较低。厂商只要在机场、车站、咖啡店、图书馆等人员较密集的地方设置“热点”,并通过高速线路将 Internet 接入上述场所,就可以利用“热点”将无线电波覆盖到距接入点数十米至百米的地方。用户的支持无线 LAN 的笔记本电脑或 PDA 进入区域内,即可高速接入 Internet。也就是说,厂商不用耗费资金来进行网络布线接入,从而节省了大量的成本。

(4) 健康安全。IEEE802.11 规定的发射功率不可超过 100mW,实际发射功率约 60~70 mW,而手机的发射功率约 200 mW~1W,手持式对讲机高达 5W。与后者相比,Wi-Fi 产品的辐射更小。

(5) 目前 Wi-Fi 应用已经非常普遍。支持 Wi-Fi 的电子产品越来越多,像手机、MP4、电脑等,基本上已经成为了主流标准配置。而且由于 Wi-Fi 网络能够很好地实现家庭范围内的网络覆盖,适合充当家庭中的主导网络,家里的其他具备 Wi-Fi 功能的设备,如电视机、影碟机、数字音响、数码相框、照相机等都可以通过 Wi-Fi 建立通信连接,实现整个家庭的数字化与无线化,使人们的生活变得更加方便与丰富。

4. Wi-Fi 的工作方式

使用 Wi-Fi 联网的两种工作方式主要有点对点和基本模式两种。

(1) 点对点模式。Wi-Fi 联网的点对点模式是指无线网卡和无线网卡之间的通信方式,即一台装配了无线网卡的电脑或移动计算终端(部分智能手机或平板电脑)连接进行通信,对于小型无线网络来说,这是一种方便的互联方案。这一点和在有线网络中将两台电脑直接使用网线连接起来的方式很相似。

(2) 基本模式。与点对点模式不同的,基本模式指无线网络的扩充或无线和有线网络并存时的通信方式,这是 Wi-Fi 目前最常用的方式。此时,装载无线网卡的电脑或移动计算终端(部分智能手机或平板电脑)需要通过接入点(无线 Access Point, AP)才能与另一台电脑进行连接,由接入点负责频段管理及漫游等指挥工作,就如大家使用带 Wi-Fi 功能的路由器进行联网一样。在宽带允许的情况下,一个 Wi-Fi 接入点最多可支持 1024 个无线接入点的接入。当无线节点增加时,网络传输速度也会随之变慢。

现在 Wi-Fi 技术比较成熟,从目前的实际使用情况来看,点对点以及基本模式都有运用。但基本模式经常被用来作为有线网络的有力补充,比如咖啡厅、商场里面提供的免费 Wi-Fi 上网服务就是采用这一模式。

在物联网的应用中,智能物体一般嵌入 Wi-Fi 模块,主要有被动型串口设备联网和主动型串口设备联网等工作方式。

(1) 被动型串口设备联网。被动型串口设备联网指在系统中所有设备一直处于被动的等待连接状态,仅由后台服务器主动发起与设备的连接,并进行请求或下传数据的方式。

典型的应用,如某些无线传感器网络,每个传感器终端始终实时地在采集数据,但是采集到



的数据并没有马上上传,而是暂时保存在设备中。而后台服务器则周期性的每隔一段时间主动连接设备,并请求上传或下载数据。此时,后台服务器实际上作为 TCP Client 端,而设备则是作为 TCP Server 端。

(2)主动型串口设备联网。主动型串口设备联网指由设备主动发起连接,并与后台服务器进行数据交互(上传或下载)的方式。典型的主动型设备,如无线 POS 机,在每次刷卡交易完成后即开始连接后台服务器,并上传交易数据。在主动型串口设备联网中,后台服务器作为 TCP Server 端,设备通过无线 AP 路由器接入到网络中,并作为 TCP Client 端。

5. 局域网络中的 Wi-Fi 的实现

为了实现局域网内部网络与外部 Internet 相连互通,在局域网内网和外部 Internet 之间需要一个局域网网关。该网关是整个局域网无线网络系统的核心部分,它一方面完成局域网无线网络中各种不同通信协议之间的转换和信息共享,并且同外部网络进行数据交换,另一方面还负责对局域网中网络终端进行管理和控制。局域网中的网络终端也通过这个网关与外部网络连通,实现交互和信息共享。同时,该网关还具有防火墙功能,能够避免外界网络对局域网内部网络终端设备的非法访问和攻击。

在局域网中,Wi-Fi 主要应用在各种无线终端和局域网网关上。我们可以使用个人电脑、手持网络终端或者遥控器与局域网网关进行连接,并通过局域网网关对无线终端实施各种有效的管理和控制。因此,可以采用客户-服务器体系结构。网关充当服务器的角色,控制设备对无线终端的控制也通过网关完成,这样有利于实现胖服务器-瘦客户端的结构。

3.3.2 Ad hoc 网络技术

1. Ad hoc 简介

一般提及移动通信网络都是有控制中心的,要基于预设的网络设施才能运行。例如,蜂窝移动通信系统要有基站的支持;无线局域网一般也工作在有 AP 接入点和有线骨干网的模式下。但对于一些特殊场合来说,有中心的移动网络并不能胜任。比如,战场上部队快速展开和推进,地震或水灾后的营救等。这些场合的通信不能依赖于任何预设的网络设施,而是需要一种能够临时快速自动组网的移动网络,Ad hoc 网络可以满足这样的要求。

Ad Hoc 技术起源于 20 世纪 70 年代,它是在美国国防部高级研究计划局(DARPA)资助研究的“战地无线分组数据网(PR-NET)”项目中产生的一种新型网络技术。后来 DARPA 又于 1983 年和 1994 年分别资助进行了抗毁自适应网络(Survivable Adaptive Network, SURAN)和全球移动信息系统(Global Mobile Information Systems, GloMo)两个项目的研究,以便能够建立某些特殊环境或紧急情况下的无线通信网络。最初的动机之一是要满足战场生存的军事需求,因此要求能够快速装备,具备自组织的移动基础设施,这是该网络区别于其他商业蜂窝系统的基本要素,它将分组交换网络的概念引申到广播网络的范畴。这项工作开辟了移动自组网(Mobile Ad Hoc Network,简称 Ad Hoc 网络或 MANET)研发的先河。

在 20 世纪 90 年代中期,随着一些技术的公开,Ad Hoc 网络开始成为移动通信领域一个公开的研究热点。1991 年成立的 IEEE802.11 标准委员会采用了“Ad hoc 网络”一词来描述这



种特殊的对等式无线移动网络。因特网任务工作组(IETF)于1996年成立了MANET(Mobile Ad Hoc Networks)工作组,专门研究Ad Hoc网络环境下基于IP协议的路由协议规范和接口设计。这使得Ad Hoc网络的设计思路也由传统的单一技术体系过渡到基于IP的多技术体系,从而导致该网络更具有开放性、适应性和灵活性,提高了开发速度。

2. Ad hoc 网络的特点

Ad Hoc网络作为一种新的组网方式,具有以下特点。

(1)网络的独立性。Ad Hoc网络相对常规通信网络而言,最大的区别就是可以在任何时间、任何地点不需要硬件基础网络设施的支持,快速构建起一个移动通信网络。它的建立不依赖于现有的网络通信设施,具有一定的独立性。Ad Hoc网络的这种特点很适合灾难救助、偏远地区通信等应用。

(2)动态变化的网络拓扑结构。在Ad Hoc网络中,移动主机可以在网中随意移动。主机的移动会导致主机之间的链路增加或消失,主机之间的关系不断发生变化。在自组网中,主机可能同时还是路由器,因此,移动会使网络拓扑结构不断发生变化,而且变化的方式和速度都是不可预测的。对于常规网络而言,网络拓扑结构则相对较为稳定。

(3)有限的无线通信带宽。在Ad Hoc网络中没有有线基础设施的支持,因此,主机之间的通信均通过无线传输来完成。由于无线信道本身的物理特性,它提供的网络带宽相对有线信道要低得多。除此以外,考虑到竞争共享无线信道产生的碰撞、信号衰减、噪音干扰等多种因素,移动终端可得到的实际带宽远远小于理论中的最大带宽值。

(4)有限的主机能源。在Ad Hoc网络中,主机均是一些移动设备,如PDA、便携计算机或掌上电脑。由于主机可能处在不停的移动状态下,主机的能源主要由电池提供,因此Ad Hoc网络具有能源有限的特点。

(5)网络的分布式特性。在Ad Hoc网络中没有中心控制节点,主机通过分布式协议互联。一旦网络的某个或某些节点发生故障,其余的节点仍然能够正常工作。

(6)生存周期短。Ad Hoc网络主要用于临时的通信需求,相对于有线网络,它的生存时间一般比较短。

(7)有限的物理安全。移动网络通常比固定网络更容易受到物理安全攻击,易于遭受窃听、欺骗和拒绝服务等攻击。现有的链路安全技术有些已应用于无线网络中来减小安全攻击。不过Ad Hoc网络的分布式特性相对于集中式的网络具有一定的抗毁性。

3. Ad hoc 网络的应用领域

由于Ad hoc网络的特殊性,它的应用领域与普通的通信网络有着显著的区别。它适用于无法或不便预先铺设网络设施的场合、需快速自动组网的场合等。军事应用仍是Ad hoc网络的主要应用领域,但在民用方面也有非常广泛的应用前景。它的应用场合主要有以下几类:

(1)军事应用。军事应用是Ad hoc网络技术的主要应用领域。因其特有的无需架设网络设施、可快速展开、抗毁性强等特点,成为数字战场通信的首选技术。Ad hoc网络技术已经成为美军战术互联网的核心技术。近期美军的数字电台和无线互联网控制器等主要通信装备都使用了Ad hoc网络技术。



(2) 传感器网络(Sensor Network)。传感器网络是 Ad hoc 网络技术的另一大应用领域。最近,人们开始关注大量分布的传感器协调工作问题。传感器可以工作在危险的环境(如化学物质泄漏现场),通过在传感器上装备位置指示器、Ad hoc 收发器等,将传感器所在现场的信息传送到危险现场以外,避免救援人员进入现场去收集和辨别事故信息。

(3) 紧急事故和临时场合。在发生地震、水灾、强热带风暴或遭受其他灾难打击后,固定的通信网络设施(如有线通信网络、蜂窝移动通信网络的基站等网络设施、卫星通信地球站以及微波接力站等)可能被全部摧毁或无法正常工作,对于抢险救灾来说,这时就需要 Ad hoc 网络这种不依赖任何固定网络设施又能快速布设的自组织网络技术。类似地,处于边远或偏僻野外地区时,同样无法依赖固定或预设的网络设施进行通信。Ad hoc 网络技术的独立组网能力和自组织特点,是这些场合通信的最佳选择。

(4) 个人通信。个人局域网是 Ad hoc 网络技术的另一应用领域。不仅可用于实现 PDA、手机、手提电脑等个人电子通信设备之间的通信,还可用于个人局域网之间的多跳通信。

(5) 与移动通信系统的结合。Ad hoc 网络还可以与蜂窝移动通信系统相结合,利用移动台的多跳转能力扩大蜂窝移动通信系统的覆盖范围、均衡相邻小区的业务、提高小区边缘的数据速率等。

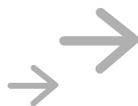
在实际应用中,Ad hoc 网络除了可以单独组网实现局部的通信外,还可以作为末端子网通过接入点接入其他的固定或移动通信网络,与 Ad hoc 网络以外的主机进行通信。因此,Ad hoc 网络也可以作为各种通信网络的无线接入网。

3.4 无线城域网络技术

尽管无线局域网技术已经得到了广泛的应用,但是人们对于无线宽带通信的探索并未因此而停止,人们期待覆盖范围更大、信息速率更高、服务质量更好的技术出现,因此无线城域网应运而生。自 2004 年美国费城首先提出无线城市发展计划以来,美国、西欧等国家和地区已有一批城市在政府主导下开始进行无线城市的建设,无线城域网技术 WMAN(Wireless Metropolitan Area Network)应运而生。

目前,我国无线城域网正处于起步阶段,在北京、上海、天津、武汉、杭州、深圳等城市也已确立了无线城市计划,并先后付诸实施。可以预见,无线城域网在不久的将来必将普及。由于无线城域网络技术具有更远的通信距离,一般具有几十公里的通信距离,而物联网许多应用,比如智能物体部署在野外比较分散的区域内,拥有几十里的通信距离可以部署许多适合更大范围内工作的物联网应用。

无线城域网的整体结构:无线城域网由基站(BS)、用户基站(SS)、接力站(RS)组成。在无线城域网中,基站的作用是一方面提供与核心网络即传统因特网间的连接,另一方面通常采用扇形/定向天线或全向天线向用户基站发送数据。在工作时,无线城域网基站可以提供灵活的字信道部署与配置功能,合理地规划信道带宽,并根据用户状况不断升级扩展网络;用户基站的



作用是完成基站与用户终端设备间的中继连接,一个基站能够支持多个用户基站之间数据的传输,一个用户基站又支持多个用户终端间的无线连接,从而使一个基站能够为上千个用户终端服务。用户基站采用固定天线,并且安置在房顶等高处部位,通信时采用动态适应性信号调制模式,以确保数据的正常通信;接力站的功能相当于一个信号放大器,在点到多点的系统结构中提高基站的覆盖能力。

无线城域网的通信标准主要是 IEEE802.16 协议,而 WiMAX 常用来表示无线城域网 WMAN,这与 Wi-Fi 常用来表示无线局域网 WLAN 相似。本节主要介绍 IEEE802.16 协议和 WiMAX 网络技术。

3.4.1 IEEE802.16 协议

1. IEEE802.16 协议简介

IEEE802.16 协议是无线城域网的通信标准,其作用是在用户终端同核心网络之间建立起一个通信路径,保证数据在两者之间的无线连接。现在主流的 IEEE802.16 标准于 2004 年 6 月正式通过,并命名为 IEEE802.16-2004,又称无线城域网(WMAN)标准。该协议吸收并借鉴了宽带无线接入领域本地多点传输服务(LMDS)、ETSI HiperMAN、多路多点分配业务(MMDS)等技术,同时对以往的无线城域网标准进行了一些修改和合并,规定了无线城域网固定宽带无线接入的物理层(PHY)和媒体接入控制层(MAC)规范,以保证数据安全、准确、可靠地在网络中传输。

IEEE802.16 先后发表多个版本,具体参数比较见表 3-4。

表 3-4 802.16 系列标准参数比较

标准版本	802.16	802.16a	802.16-2004	802.16e-2005
发布时间	2001 年	2003 年	2004 年	2006 年
工作频段	10~66GHz	<11GHz	<11GHz	<6GHz
传输速率	32~134Mbps	75Mbps	75Mbps	30Mbps
信道条件	视距	非视距	视距+非视距	非视距
信道宽度	20/25/28MHz	1.5~20MHz	1.5~20MHz	1.5~20MHz
小区半径	<5km	5~10km	5~15km	2~5km

2. IEEE802.16 的体系结构

IEEE802.16 主要有三层体系结构:

(1) 物理层。

物理层是 3 层结构中的最底层,是构建整个城市无线网络的基础。物理层主要完成关于频率带宽、调制模式、纠错技术以及发射机同接收机之间的同步、数据传输率和时分复用结构等方面的工作。IEEE802.16 载波带宽的范围在 1.25~20MHz,当用户终端与基站通信,标准使用的是按需分配多路寻址(DAMA)-时分多址(TDMA)技术。DAMA 技术是一种根据多个站点之间的容量需要的不同,动态地分配信道容量的技术。TDMA 是一种时分技术,它将一个信道



分成一系列的帧,每个帧都包含很多的小时间单位,称为时隙。工作时根据每个站点的需要为其在每个帧中分配一定数量的时隙来组成每个站点的逻辑信道。通过 DAMA-TDMA 技术,每个信道的时隙分配可以动态地改变,提高数据的传输效率。

(2) 数据链路层。

在物理层之上是数据链路层,IEEE802.16 在该层上规定的主要是为用户提供服务所需的各种功能,这些功能主要在数据链路层的介质访问控制(MAC)层中实现。MAC 层共分为 3 个子层:汇聚子层(CS),负责与高层接口的连接,汇聚上层不同的业务;公共部分子层(CPS),分为数据平面和控制平面,实现 MAC 的功能;安全子层(SS),负责 MAC 层认证和加密功能。

(3) 汇聚层。

汇聚层处于 3 层结构的最上层。对于 IEEE802.16 来说,能提供的服务主要包括数字音频/视频广播、数字电话、异步传输模式 ATM、因特网接入、电话网络中无线中继和帧中继等。

3. IEEE802.16 的技术优势

(1) 摆脱了有线网络线缆的束缚。

传统有线网络覆盖范围并不完整而且有限,有限的网络范围将用户束缚在固定的地点、固定的环境中;另外有线网络中的网线也会给日常工作带来一些不便,例如若将网线直接布置在地面上,用户在行走过程中很容易碰到网线,从而影响到网络的正常连接和水晶头等处的使用寿命,若布置在墙上又显得很不好看。无线城域网的出现,可以很好地解决以上有线网络所带来的问题。无线城域网不受线缆的制约,用户在任何地点,只要拥有访问权限就可以访问网络资源,而且无线连接自然也省去了线缆的布置工作,给用户带来更多的方便。

(2) 与无线局域网相比性能更胜一筹。

① 速度更快和覆盖面更广。

无线局域网是基于 IEEE802.11 协议标准建设的,由于无线局域网服务的出发点是解决办公室等小范围局域网的无线数据通信,设计的本身要求是低功耗,因此必然限制通信距离和速度。无线局域网的范围在 200 m 左右,理论上最高数据传输速率只能达到 11Mbps,而且无线局域网受建筑物、电磁波等干扰明显,实际传输速度一般在 2 Mbps 以下。无线城域网采用先进的网状网络拓扑和波束成形、STC、天线分集等天线技术对大范围的地域进行覆盖。这些先进技术也可用来提高频谱效率、容量、复用以及每个射频信道的平均与峰值吞吐量。即使在链路状况最差的情况下,也能提供可靠而优异的性能。在最高 120 Mbps 的接入速率下,IEEE802.16 所能实现的最大传输距离高达 50 km。

② 可扩展性更强。

无线局域网 MAC 层要求每一信道至少为 20 MHz,并规定只能工作在不需牌照的频段上,其扩展能力较差。当用户增加时,吞吐量明显减小。与之相比 IEEE802.16 标准规定的信道宽度为 1.75~20 MHz,选择空间比较大,而且在物理层 802.16 支持灵活的射频信道带宽和信道复用。802.16 标准还支持自动发送功率控制和信道质量测试,可以作为物理层的附加工具来支持小区规划和部署以及频谱的有效使用。当用户数增加时,运营商通过扇形化和小区分裂来重新分配频谱。



③实现了更好的 QoS。

无线局域网 IEEE802.11 协议在 MAC 层中定义了两种访问方式:分布式协调方式(DCF)和点协调方式(PCF),虽然这两种方式的 QoS 正处在不断完善过程中,但仍然具有一定的局限性。IEEE802.16 协议的 MAC 层提供了面向连接的传送机制,采用自修正的宽带请求/准许机制,单独轮询请求带宽,或从已经分配的带宽中调整新应用需要的带宽来保障实时语音和视频应用要求的最低延时,并根据不同的 QoS 要求传送和调度物理层数据。基本每条 MAC 层消息头都携带了业务参数来体现不同应用的 QoS 要求,能支持固定比特率、实时流、非实时流和尽力而为 4 个类型的业务参数。以目前 802.11 的现有技术,很难达到与 802.16 相当的 QoS。

(3) 节约网络建设成本。

为了更好地为校园读者提供电子资源的服务,必须拓展校园网络覆盖范围。若扩建有线网络,高校要购买路由器、交换机等设备。若建立无线局域网,则要在交换机等设备的基础上购置无线 AP、无线路由器等。这些设备的价格都比较昂贵,尤其是网络核心数据交换设备价格都在数万元以上,面积越大所需要的设备就越多,同时日后还需要一定的资金维护网络。而在无线城域网下,整个网络主要是由政府部门或无线网络运营商建设完成的,高校只需要花费很少的人力物力,甚至零成本就可以扩充现有网络,给更多的用户带来便捷。

802.16 需在城市的多个高大建筑物上建立基站,基站间采用全双工、宽带通信方式工作,每个基站接入用户数大大多于 802.11,基站发送功率高达 100 千瓦,网络覆盖面积是 3G 发射塔的 10 倍,只要少数基站建设就能实现全城覆盖,每个信道带宽在 1.5~20MHz(可调整),传输速率高达 70Mbps。

3.4.2 WiMAX 网络技术

1. WiMAX 技术简介

近年来随着 IPTV、流媒体等业务的发展,用户对“最后一公里”宽带化的需求日益突出。WiMAX 作为最具影响力的宽带无线接入技术受到了国内外通信界的广泛关注。WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access),即全球微波互联接入,是一项新兴的宽带无线接入技术,能提供面向互联网的高速连接,数据传输距离最远可达 50km。WiMAX 还具有 QoS 保障、传输速率高、业务丰富多样等优点。WiMAX 的技术起点较高,采用了代表未来通信技术发展方向的 OFDM/OFDMA、AAS、MIMO 等先进技术,随着技术标准的发展,WiMAX 逐步实现宽带业务的移动化,而 3G 则实现移动业务的宽带化,两种网络的融合程度会越来越高。WiMAX 技术采用的标准是 IEEE802.16d 和 IEEE802.16e。IEEE802.16d 标准是固定网络的补充和延伸,不具有移动接入的性能,而 IEEE802.16e 支持移动接入。

WiMAX 的优势主要体现在这一技术集成了 Wi-Fi 无线接入技术的移动性与灵活性以及 xDSL 等基于线缆的传统宽带接入技术的高宽带性,其技术优势可以概括如下:

(1) 传输距离远,接入速度高。

WiMAX 采用 OFDM 技术,能有效对抗多径干扰;同时采用自适应编码调制技术可以实现覆盖范围和传输速率的折中;此外,还利用紫石英功率控制,可以根据信道状况动态调整发射功



率,从而使得 WiMAX 具有更大的覆盖范围和更高的接入速率。例如,当信道条件较好时,可以将调制方式调整为 64QAM,同时采用编码效率更高的信道编码,提高传输速率,WiMAX 最高传输速率可以达到 75Mbit/s;反之,当信道传输条件恶劣,基站无法基于 64QAM 建立连接时,可以切换为 16QAM 或 QPSK 调制,同时采用编码效率更低的信道编码,这样可以提高传输的可靠性,增大覆盖范围。

(2) 无“最后一公里”瓶颈限制、系统容量大。

作为一种宽带无线接入技术,WiMAX 接入灵活、系统容量大。服务提供商无需考虑布线、传输等问题,只需要在相应的场所架设 WiMAX 基站。WiMAX 不仅支持固定无线终端也支持便携式和移动终端,能适应城区、郊区以及农村等各种地形环境。一个 WiMAX 基站可以同时为众多客户提供服务,为每个客户提供独立带宽请求支持。

(3) 提供广泛的多媒体通信服务。

WiMAX 可以提供面向连接的、具有完善 QoS 保障的电信级服务,满足客户的各种应用需要,按照优先级由高到低依次提供。WiMAX 系统安全性较好。WiMAX 的空中接口专门在 MAC 层上增加了私密子层,不仅可以避免非法用户接入,保证合法用户顺利接入,而且提供加密功能,充分保护用户隐私。

(4) 互操作性好。

运营商在网络建设中能够从多个设备制造商处购买 WiMAX Certified 设备,而不必担心兼容性问题。

(5) 应用范围广。

WiMAX 可以应用于广域接入、企业宽带接入、家庭“最后一公里”接入、热点覆盖、移动宽带接入以及数据回传等所有宽带接入市场。在有线基础设施薄弱的地区,尤其是广大农村和山区,WiMAX 更加灵活、成本低,是首选的宽带接入技术。

2. WiMAX 组网模式

(1) WiMAX 网络架构。

参考通用的无线通信体系结构,WiMAX 的网络参考架构可以分成终端、接入网和核心网三个部分。如图 3-6 所示,WiMAX 终端包括固定、漫游和移动三类终端,WiMAX 接入网主要为无线基站,支持无线资源管理等功能,WiMAX 核心网主要解决用户认证、漫游等功能及 WiMAX 网络与其他网络之间的接口关系。这是典型的点到多点(PMP)的组网方式。WiMAX 网络组网关键技术包括基于频率复用技术的小区规划方案、媒体访问机制、入网与初始化、资源分配策略、认证计费 and 移动性管理等方面。

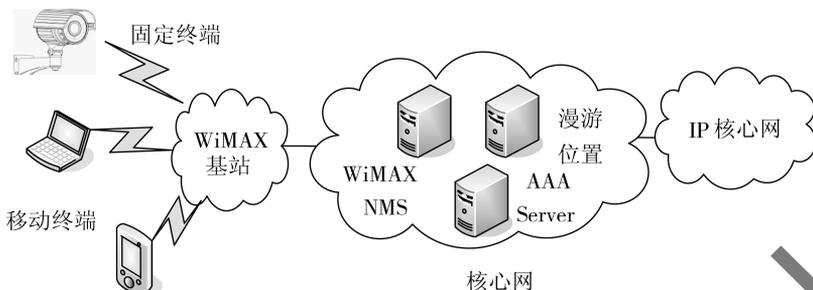


图 3-6 WiMAX 网络架构

(2) WiMAX 应用模式。

WiMAX 解决方案适用于提供宽带数据业务,以及基于宽带的 NGN 话音业务。WiMAX 作为“最后一公里”的无线接入解决方案为实际部署提供更多的手段,增加了部署灵活性和可搬移性。从接入方式的角度可以分为以下几种:无线宽带固定式接入——作为光纤、DSL 线路的有效替代和补充,开展 IP 话音,作为 Wi-Fi 热点回程等;无线宽带游牧式接入——方便个人电脑用户区域性数据接入;无线宽带便携式接入——方便笔记本电脑、PDA 用户随时随地宽带数据接入;无线宽带移动式接入——支持车载速度移动宽带数据接入。

3. WiMAX 的应用

(1) 城市安全。

通过未来的 WiMAX 无缝漫游的高安全性的警察专用网,能够快速有效、及时地查找违法犯罪人员的记录情况。应用 WiMAX 无线宽带技术提升城市对紧急事件的快速处理能力,有效提升城市整体安全防范的水平。另外 WiMAX 无线城域网甚至可以应用在城市消防。在无线城域网的支撑下,各个消防员之间采用 Wi-Fi 技术相互连接,可有效保证火场中数据的有效沟通,帮助消防人员与外界取得联系,而且消防指挥员还能够根据实际状况,有效调度人员和器材,快速地控制火势。可以想象,通过 WiMAX 无线城域网系统,对整个城市安全方面信息的沟通和传达、命令将以更有效、快速和更广覆盖的方式实现。

(2) 监控交通状况,控制交通拥堵。

目前国内大中城市均有不同程度的交通堵塞现象,以及由于交通堵塞所带来的环境污染问题。利用基于 RFID 和 WiMAX 技术的智能交通管理方案,就可以事先预防并解决这类问题的发生。例如,对进入特定区域内的车辆,实行特定的收费。具体方案是采用 RFID 技术监控进入特殊路段的车辆,通过 WiMAX 技术全程跟踪车辆情况,并记录到后台系统,按月收取费用。通过这种方式,政府可以在特定区域或者时间(上下班高峰期)控制交通拥堵,同时通过收取费用来收回成本。

(3) 金融行业。

WiMAX 无线城域网可连接全城的银行系统,甚至能够实现不同银行之间的金融信息交换,因此这项技术在银行、保险业的投资回报率也非常可观。

(4) 医疗保健行业。

WiMAX 结合相应的无线应用软件,可使各医院之间的医生和保健人员能够通过无线设备



接收病人的信息,包括检验结果和分析数据,甚至通过无线设备下达药物治疗试验和临床试验的处方。随着更高带宽的 WiMAX 无线城域网应用,以及移动设备图形处理能力更强,医生、放射师以及其他医疗人员就能在无线设备上接收和查看 X 光照片、CT 扫描图以及其他医疗图像,再结合相应的无线应用软件,还能更好地和语音系统集成起来,把所需的医疗和病人相关的数据及时发送给医疗人员。

(5) 物流企业。

在未来的智能城市中,无线网络无处不在,其他类似 WiMAX 的技术可能覆盖城市区域,以提供比 Wi-Fi 热点范围更广的高速无线连接。如果可以利用 WiMAX 无线城域网,再配合传感器和相关的无线应用软件,将对大型物流企业的车队和运送的包裹、货物进行有效跟踪和管理,可使用户随时了解任一时刻其委托物流企业的包裹、货物的实际状态,提高物流企业的运送效率。

3.5 无线广域网络技术

无线广域网络技术 WWAN(Wireless Wide Area Network)是一个更大区域的网络,能够覆盖比城市更大的区域,满足更大范围内的无线接入,与无线个域网、无线局域网和无线城域网相比,它更加强调的是快速移动性。典型的无线广域网的例子是 GSM 移动通信系统和卫星通信系统。目前全球的无线广域网主要有 GSM、CDMA 技术等,本节分别介绍 GSM 技术、GPRS 技术、3G 技术、4G 技术。

3.5.1 GSM 技术

1. GSM 技术简介

全球移动通信技术 GSM(Global System for Mobile Communications)数字移动通信系统源于欧洲。早在 20 世纪 80 年代初,欧洲已有几大模拟蜂窝移动系统在运营,例如北欧的 NMT(北欧移动电话)和英国的 TACS(全接入通信系统),西欧其他国家也提供移动业务。但是模拟系统有一些限制:第一,即使是 80 年代初的过低估计,移动业务的潜在需求也远远超过当时模拟蜂窝网的预计容量;第二,运营中的不同系统不能向用户提供兼容性:一个 TACS 终端不能进入 NMT 网,一个 NMT 终端也不能进入 TACS 网。为了方便全欧洲统一使用移动电话,需要一种公共的系统。

1982 年在欧洲邮电行政大会(CEPT)上成立“移动特别小组”(Group Special Mobile)简称“GSM”,开始制定使用于泛欧各国的一种数字移动通信系统的技术规范。1990 年完成了 GSM900 的规范,产生一套 12 章规范系列。随着设备的开发和数字蜂窝移动通信网的建立,GSM 逐渐演变为“全球移动通信系统”(Global System for Mobile Communication)的简称。

GSM 是当前应用最为广泛的移动电话标准,自 90 年代中期投入商用以来,GSM 标准的设备占据当前全球蜂窝移动通信设备市场 80%以上,全球超过 200 个国家和地区超过 10 亿人