

近距离无线通信技术

近距离无线通信技术是物联网架构体系中的重要支撑技术。近距离无线通信技术旨在解决近距离设备的连接问题,可以支持动态组网并灵活实现与上层网络的信息交互功能。该技术的定位满足了物联网终端组网、物联网终端网络与电信网络互联互通的要求,是近距离无线通信技术在物联网发展背景下彰显活力的根本原因。近距离无线通信技术通常是指有效通信距离在数厘米至百米范围内的无线通信技术,典型的技术包括蓝牙、WiFi、ZigBee、NFC、UWB 等。近距离无线通信技术以其丰富的技术种类和优越的技术特点,满足了物物相连的应用需求,现已广泛用于家庭办公网络、智能楼宇、物流运输管理等方面。

本章首先介绍无线通信系统的一般概念以及发展历程,并对射频通信、微波通信系统的频段使用及其工作特点作一简单介绍。接着,详细介绍各项典型的近距离无线通信技术的特点以及发展概况,并对近场通信(Near Field Communications, NFC)技术进行重点阐述,包括其工作原理、技术标准、技术特点、应用范围等。

3.1 无线通信系统概述

自 1897 年意大利科学家马可尼首次成功利用无线电波进行信息传输以来,经过一个多世纪的发展,无线通信取得了迅速的发展,特别在飞速发展的计算机和半导体技术的推动下,无线通信的理论和不断取得进步和突破。时至今日,由于使用的灵活性、方便性,无线通信已逐渐成为人们日常生活中不可或缺的重要通信方式之一。

3.1.1 无线与移动通信的概念

无线通信(Wireless Communication)是利用电磁波信号可以在空间传播的特性而进行信息交换的一种通信方式。无线通信包括固定体之间的无线通信和移动通信两大部分。由于人类社会活动具有显著的移动性,因而移动通信在无线通信中占主导地位。所谓移动通

信(Mobile Communication),就是移动体之间的通信,或移动体与固定体之间的通信。移动体可以是人,也可以是汽车、火车、轮船、收音机等在移动状态中的物体。移动通信可认为是在移动中实现的无线通信,人们常常把二者合称为无线与移动通信。

移动通信与固定物体之间的通信比较起来,具有一系列的特点:(1)移动性。就是要保持物体在移动状态中的通信,因而它必须是无线通信,或无线通信与有线通信的结合。(2)电磁波传播条件复杂。因移动体可能在各种环境中运动,电磁波在传播时会产生反射、折射、绕射、多普勒效应等现象,产生多径干扰、信号传播延迟和展宽等效应。(3)噪声和干扰严重。如在城市环境中的汽车火花噪声、各种工业噪声,移动用户之间的互调干扰、邻道干扰、同频干扰等。(4)系统和网络结构复杂。它是一个多用户通信系统和网络,必须使用户之间互不干扰,能协调一致地工作。此外,移动通信系统还应与市话网、卫星通信网、数据网等互联,整个网络结构更加复杂。(5)要求频带利用率高、设备性能好。

按用途不同,现代无线与移动通信系统可以分为陆地公众蜂窝移动通信系统、宽带无线接入系统、无线局域网、无线个域网、无绳电话、集群通信、卫星移动通信等。其中陆地公众蜂窝移动通信系统是移动通信中发展最快、规模最大的系统。另外,按使用的频段,现代无线与移动通信又可分为中长波通信(小于1MHz)、短波通信(1MHz~30MHz)、超短波通信(30MHz~1GHz)、微波通信(1GHz到几十吉赫兹)、毫米波通信(几十吉赫兹)、红外光通信、大气激光通信等。

3.1.2 无线与移动通信的发展历程

现代无线与移动通信技术的发展始于20世纪20年代。从20世纪20年代至40年代,在短波频段上开发出了专用移动通信系统,其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率为2MHz,到20世纪40年代,工作频率提高到30MHz~40MHz。通常认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段,多为专用系统,特点是工作频率较低。

20世纪40年代中期至60年代初期,公用移动通信业务开始问世。1946年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用三个频道,每个频道间隔为120kHz,采用单工通信方式。随后,德国(1950年)、法国(1956年)、英国(1959年)等相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。这一时期的移动通信从专用移动网向公用移动网过渡,采用人工接续方式,全网的通信容量较小。

从20世纪60年代中期到70年代中期,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用150MHz和450MHz频段,采用大区制、中大容量,实现了无线频道自动选择并能够自动接续到公司电话网。同期,德国也推出了具有相同技术水平的B网。这一时期,移动通信系统的特点是采用大区制、中小容量,使用450MHz频段,实现了自动选频与自动连续。

20世纪70年代中期至80年代中期是移动通信蓬勃发展时期。1978年年底,美国贝尔实验室研制成功了采用小区制的先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量,开始了第一代陆地公众蜂窝移动通信系统。1983年,该系统首次在芝加哥投入商用。同年12月,在华盛顿也开始启用。之后,服务区域在美国逐渐扩大。到1985年3月已扩展到47个地区,约10万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于1979年推出800MHz汽车电话(HAMTS),在东京、大阪、神户等地投

入商用。德国于1984年完成C网,频段为450MHz。英国在1985年开发出全地址通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖了全国,频段是900MHz。加拿大推出450MHz移动电话系统MTS。瑞典等北欧四国于1980年开发出NMT-450移动通信网,并投入使用,频段为450MHz。这一时期,无线移动通信系统发展的主要特点是小区制,大容量的蜂窝状移动通信网成为使用系统,并在世界各地迅速发展,奠定了现代移动通信高速发展的基础。

移动通信大发展的原因,除了用户需求这一主要推动力之外,还有相关方面的技术进展所提供的条件。首先,微电子技术在这一时期得到长足发展,这使得通信设备的小型化、微型化有了可能性,各种轻便终端设备被不断推出。其次,提出并形成了移动通信新体制。随着用户数量增加,大区制所能提供的容量很快饱和,这就必须探索新体制。在这方面最重要的突破是贝尔实验室在20世纪70年代提出的蜂窝网概念。蜂窝网,即所谓小区制,由于实现了频率复用,大大提高了系统容量。可以说,蜂窝概念真正解决了共用移动通信系统要求的与频率资源有限的矛盾。第三方面的进展是微处理器技术日趋成熟以及计算机技术的迅猛发展,这为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。

以AMPS和TACS为代表的第一代蜂窝移动通信网是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露了一些问题。例如,频谱利用率低、移动设备复杂、费用较贵、业务种类受限制以及通话易被窃听等,最主要的问题是其容量已不能满足日益增长的移动用户需求。解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。从20世纪80年代中期开始,数字移动通信系统逐渐发展和成熟。数字通信的频谱利用率高,可大大提高系统的容量,能提供语音、数据等多种业务服务。欧洲首先推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系。随后,美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。GSM于1991年7月开始投入商用。在世界各地,特别是在亚洲,GSM系统取得了极大成功,并更名为全球通移动通信系统。在十多年来,数字蜂窝移动通信处于一个大发展时期,GSM已成为陆地公用移动通信的主要系统。

移动通信技术在20世纪90年代呈现出加快发展的趋势。当数字蜂窝网刚进入实用阶段之时,关于未来移动通信的讨论已如火如荼地展开,新的技术与新的系统不断推出。美国Qualcomm公司于20世纪90年代初推出了窄带码分多址(CDMA)蜂窝移动通信系统。这是移动通信中具有重要意义的事件。从此,码分多址这种新的无线接入技术在移动通信领域占有了越来越重要的地位。这个时期,不断推出的移动通信系统还有移动卫星通信系统、数字无绳电话系统等。移动通信呈现出多样化的趋势。

从20世纪末到21世纪初,第三代移动通信系统(3G)的开发和推出,使移动通信进入一个全新的发展阶段。国际电联正式将第三代移动通信系统(3G)命名为IMT-2000。IMT-2000移动通信系统的主要特性有频谱利用率高,高速传输支持多媒体业务,支持全球无缝漫游等。第三代移动通信系统的国际主要标准有WCDMA、TD-SCDMA、CDMA2000。

目前我国及世界上部分发达国家已经开始了面向未来的移动通信技术与系统的研究。未来移动通信系统将是多功能集成的宽带移动通信系统,将能为用户提供在高速移动的环境下高达100Mb/s以上速率的信息传输,频谱利用率比现有系统提高十倍以上。未来的无线移动通信技术将走向宽带化、智能化、个人化,与固定网络形成统一的综合宽带通信网。

3.1.3 宽带无线接入技术

随着无线通信技术的发展,宽带无线接入技术能通过无线的方式以与有线接入技术相当的数据传输速率和通信质量接入核心网络,有些宽带无线接入技术还能支持用户终端构成小规模 Ad Hoc 网络。因此,宽带无线接入技术在高速 Internet 接入、信息家电联网、移动办公、军事、救灾、空间探险等领域具有非常广阔的应用空间。国际电子电气工程师协会(IEEE)成立了无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)标准委员会,并于1997年制定出第一个无线局域网标准 802.11,此后 IEEE 802.11 迅速发展了一系列标准,并在家庭、中小企业、商业领域等方面取得了成功的应用。1999年,IEEE 成立了 802.16 工作组,开始研究建立一个全球统一的宽带无线接入城域网(Wireless Metropolitan Area Network, WMAN)技术规范。虽然宽带无线接入技术的标准化历史不长,但发展却非常迅速。已经制定或正在制定的 IEEE 802.11、IEEE 802.15、IEEE 802.20、IEEE 802.22 等宽带无线接入标准集,覆盖了无线局域网(WLAN)、无线个域网(WMAN)、无线城域网(Wireless Personal Area Network, WPAN)的领域。宽带无线接入技术在无线通信领域的地位越来越重要。

3.2 射频通信

3.2.1 射频的概念

射频(Radio Frequency, RF)表示可以辐射到空间的电磁波频率,通常所指的频率范围为 300kHz~30GHz。射频(RF)本质是射频电流,是一种高频交流电的简称。每秒变化小于 1000 次的交流电称为低频电流,大于 10 000 次的称为高频电流,而射频就是这样一种高频电流。

在电子学理论中,电流流过导体,导体周围会形成磁场;交变电流通过导体,导体周围会形成交变的电磁场,称为电磁波。在电磁波频率低于 100kHz 时,电磁波会被地表吸收,不能形成有效的传输,但电磁波频率高于 100kHz 时,电磁波可以在空气中传播,并经大气层外缘的电离层反射,形成远距离传输能力,人们把具有远距离传输能力的高频电磁波称为射频。射频技术在无线通信领域中被广泛使用,如将电信号(模拟的或数字的)用高频电流进行调制(调幅或调频),形成射频信号,经过天线发射到空中;在远端,射频信号被接收后,接收设备会对信号进行解调,还原成电信号,这一过程称为无线传输。

在电子通信领域,信号采用的传输方式和信号的传输特性是由工作频率决定的。对于电磁频谱,按照频率从低到高(波长从长到短)的次序,可以划分为不同的频段。不同频段电磁波的传播方式和特点各不相同,它们的用途也不相同,因此射频通信采用了不同的工作频率,以满足多种应用的需要。在无线电频率分配上有一点需要特别注意,那就是干扰问题,无线电频率可供使用的范围是有限的,频谱被看作大自然中的一项资源,不能无秩序地随意占用,而需要仔细计划并加以利用。频率的分配主要是根据电磁波传播的特性和各种设备通信业务的要求而确定的,但也要考虑一些其他因素,例如历史的发展、国际的协定、各国的

政策、目前使用的状况和干扰的避免等。

3.2.2 频谱的划分

因为电磁波是在全球存在的,所以需要由国际协议来分配频谱。频谱的分配,是指将频率根据不同的业务加以分配,以避免频率使用方面的混乱。现在进行频率分配的世界组织有国际电信联盟(ITU)、国际无线电咨询委员会(CCIR)和国际频率登记局(IFRB)等,我国进行频率分配的组织是工业和信息化部无线电管理局。

(1) IEEE 划分的频谱

由于应用领域的众多,对频谱的划分有多种方式,当今较为通用的频谱分段法是 IEEE 建立的,如表 3.1 所示。

表 3.1 IEEE 频谱

频 段	频 率	波 长
ELF(极低频)	30Hz~300Hz	10 000km~1000km
VF(音频)	300Hz~3000Hz	1000km~100km
VLF(甚低频)	3kHz~30kHz	100km~10km
LF(低频)	30kHz~300kHz	10km~1km
MF(中频)	300kHz~3000kHz	1km~0.1km
HF(高频)	3MHz~30MHz	100m~10m
VHF(甚高频)	30MHz~300MHz	10m~1m
UHF(超高频)	300MHz~3000MHz	100cm~10cm
SHF(特高频)	3GHz~30GHz	10cm~1cm
EHF(极高频)	30GHz~300GHz	1cm~0.1cm
亚毫米波	300GHz~3000GHz	1mm~0.1mm
P 波段	0.23GHz~1GHz	130cm~30cm
L 波段	1GHz~2GHz	30cm~15cm
S 波段	2GHz~4GHz	15cm~7.5cm
C 波段	4GHz~8GHz	7.5cm~3.75cm
X 波段	8GHz~12.5GHz	3.75cm~2.4cm
Ku 波段	12.5GHz~18GHz	2.4cm~1.67cm
K 波段	18GHz~26.5GHz	1.67cm~1.13cm
Ka 波段	26.5GHz~40GHz	1.13cm~0.75cm

(2) 微波和射频

微波也是经常使用的波段,微波是指频率为 300MHz~3000GHz 的电磁波,对应的波长为 1m~0.1mm,分为分米波、厘米波、毫米波和亚毫米波 4 个波段。

目前射频没有一个严格的频率范围定义,广义地说,可以向外辐射电磁信号的频率称为射频,在射频识别中,频率一般选为 10kHz 至几吉赫兹(GHz)。从上面的频率划分可以看出,目前射频频率与微波频率之间没有定义出明确的频率分界点,微波的低频端与射频频率相重合。

(3) 工业、科学和医用频率

无线电业务的种类较多。有些无线电业务如标准频率业务、授时信号业务和业余无线电业务等,是公认不应该被干扰的,分配给这些业务使用的频率,其他业务不应该使用,或只

在不干扰的条件下才能使用。ISM(Industrial Scientific Medical Band)频段主要是开放给工业、科学和医用 3 个主要机构使用的频段。由于它们的功率有时很大,为了防止它们对其他通信的干扰,划出一定的频率给它们使用。ISM 频段属于无许可(Free License)频段,使用者无须许可证,没有所谓使用授权的限制。ISM 频段允许任何人随意地传输数据,但是对所有的功率进行限制,使得发射与接收之间只能是很短的距离,因而不同使用者之间不会相互干扰。

在美国,ISM 频段是由美国联邦通信委员会(FCC)定义出来的,其他大多数政府也都已经留出了 ISM 频段,用于非授权用途。目前,许多国家的无线电设备(尤其是家用设备)都使用 ISM 频段,如车库门控制器、无绳电话、无线鼠标、蓝牙耳机以及无线局域网等。

射频工作频率的选择,要顾及其他无线电服务,不能对其他服务造成干扰和影响,因而射频通信系统通常只能使用特别为工业、科学和医疗应用而保留的 ISM 频率。ISM 频段的主要频率范围如下。

(1) 频率 6.78MHz

这个频率范围为 6.765MHz~6.795MHz,属于短波频率,这个频率范围在国际上已由国际电信联盟指派作为 ISM 频段使用,并将越来越多地被射频识别(RFID)系统使用。

这个频段起初是为短波通信设置的,根据这个频段电磁波的传播特性,短波通信白天只能达到很小的作用距离,最多几百公里,夜间可以横贯大陆传播。这个频率范围的使用者是不同类别的无线电服务,如无线电广播服务、无线电气象服务和无线电航空服务等。

(2) 频率 13.56MHz

这个频率范围为 13.553MHz~13.567MHz,处于短波频段,也是 ISM 频段。在这个频率范围内,除了电感耦合 RFID 系统外,还有其他的 ISM 应用,如遥控系统、远距离控制模型系统、演示无线电系统和传呼机等。

这个频段起初也是为短波通信设置的,根据这个频段电磁波的传播特性,无线信号允许昼夜横贯大陆联系。这个频率范围的使用者是不同类别的无线电服务机构,例如新闻机构和电信机构等。

(3) 频率 27.125MHz

这个频率范围为 26.957MHz~27.283MHz,除了电感耦合 RFID 系统外,这个频率范围的 ISM 应用还有医疗用电热治疗仪、工业用高频焊接装置和传呼机等。在安装工业用 27MHz 的 RFID 系统时,要特别注意附近可能存在的任何高频焊接装置,高频焊接装置产生很高的场强,将严重干扰工作在同一频率的 RFID 系统。另外,在规划医院 27MHz 的 RFID 系统时,应特别注意可能存在的电热治疗仪干扰。

(4) 频率 40.680MHz

这个频率范围为 40.660MHz~40.700MHz,处于 VHF 频带的低端,在这个频率范围内,ISM 的主要应用是遥测和遥控。

在这个频率范围内,电感耦合射频识别的作用距离较小,而这个频率 7.5m 的波长也不适合构建较小的和价格便宜的反向散射电子标签,因此该频段目前没有射频识别系统工作,属于对射频识别系统不太适用的频带。

(5) 频率 433.920MHz

这个频率范围为 430.050MHz~434.790MHz,在世界范围内分配给业余无线电服务

使用,该频段大致位于业余无线电频带的中间,目前已经被各种 ISM 应用占用。这个频率范围属于 UHF 频段,电磁波遇到建筑物或其他障碍物时,将出现明显的衰减和反射。

该频段可用于反向散射 RFID 系统,除此之外,还可用于小型电话机、遥测发射器、无线耳机、近距离小功率无线对讲机、汽车无线中央闭锁装置等。但是,在这个频带中,由于应用众多,ISM 的相互干扰比较大。

(6) 频率 869.0MHz

这个频率范围为 868MHz~870MHz,处于 UHF 频段。自 1997 年以来,该频段在欧洲允许短距离设备使用,因而也可以作为 RFID 频率使用。一些远东国家也在考虑对短距离设备允许使用这个频率范围。

(7) 频率 915.0MHz

在美国和澳大利亚,频率范围 888MHz~889MHz 和 902~928MHz 已可使用,并被反向散射 RFID 系统使用。这个频率范围在欧洲还没有提供 ISM 应用。与此邻近的频率范围被按 CT1 和 CT2 标准生产的无绳电话占用。

(8) 频率 2.45GHz

这个 ISM 频率的范围为 2.400GHz~2.4835GHz,属于微波波段,也处于 UHF 频段,与业余无线电爱好者和无线电定位服务使用的频率范围部分重叠。该频段电磁波是准光线传播,建筑物和障碍物都是很好的反射面,电磁波在传输过程中衰减很大。

这个频率范围适合反向散射 RFID 系统,除此之外,该频段的典型 ISM 应用还有蓝牙和 802.11 协议的无线网络等。

(9) 频率 5.8GHz

这个 ISM 频率的范围为 5.725GHz~5.875GHz,属于微波波段,与业余无线电爱好者和无线电定位服务使用的频率范围部分重叠。

这个频率范围内的典型 ISM 应用是反向散射 RFID 系统,可以用于高速公路 RFID 系统,还可用于大门启闭(在商店或百货公司)系统。

(10) 频率 24.125GHz

这个 ISM 频率的范围为 24.00GHz~24.25GHz,属于微波波段,与业余无线电爱好者、无线电定位服务以及地球资源卫星服务使用的频率范围部分重叠。

在这个频率范围内,目前尚没有射频识别系统工作,此波段主要用于移动信号传感器,也用于传输数据的无线电定向系统。

(11) 其他频率的应用

135kHz 以下的频率范围没有作为工业、科学和医疗(ISM)频率保留,这个频段被各种无线电服务大量使用。除了 ISM 频率外,对于 135kHz 以下的整个频率范围,RFID 也是可用的,因为这个频段可以用较大的磁场强度工作,特别适用于电感耦合的 RFID 系统。

根据这个频段电磁波的传播特性,占用这个频率范围的无线电服务可以达到半径 1000km 以上。在这个频率范围内,典型的无线电服务是航空导航无线电服务、航海导航无线电服务、定时信号服务、频率标准服务以及军事无线电服务。一个用这种频率工作的射频识别系统,将使读写器周围几百米内的其他无线电业务失效,为了防止这类冲突,未来可能在 70kHz~119kHz 规定一个保护区,不允许 RFID 系统占用。

3.2.3 RFID 使用的频段

RFID 产生并辐射电磁波,但是 RFID 系统要顾及其他无线电服务,不能对其他无线电服务造成干扰,因此 RFID 系统通常使用为工业、科学和医疗特别保留的 ISM 频段。ISM 频段为 6.78MHz、13.56MHz、27.125MHz、40.68MHz、433.92MHz、869.0MHz、915.0MHz、2.45GHz、5.8GHz 以及 24.125GHz 等,RFID 常采用上述某些 ISM 频段,除此之外,RFID 也采用 0~135kHz 的频率。

RFID 系统在读写器和电子标签之间通过射频无线信号自动识别目标对象,并获取相关数据。读写器和电子标签之间射频信号的传输主要有两种方式:一种是电感耦合方式,一种是电磁反向散射方式。这两种方式采用的频率不同,工作原理也不同。低频和高频 RFID 的工作波长较长,基本上都采用电感耦合识别方式,电子标签处于读写器天线的近区,电子标签与读写器之间通过感应而不是通过辐射获得信号和能量;微波波段 RFID 的工作波长较短,电子标签基本都处于读写器天线的远区,电子标签与读写器之间通过辐射获得信号和能量。微波 RFID 是视距传播,电波有直射、反射、绕射和散射等多种传播方式,电波传播有自由空间传输损耗、菲涅耳区、多径传输和衰落等多种现象,并可能产生集肤效应,这些现象均会影响电子标签与读写器之间的工作状况。

(1) RFID 电感耦合方式使用的频率

在电感耦合方式的 RFID 系统中,电子标签一般为无源标签,其工作能量是通过电感耦合方式从读写器天线的近场中获得的。电子标签与读写器之间传送数据时,电子标签需要位于读写器附近,通信和能量传输由读写器和电子标签谐振电路的电感耦合来实现。在这种方式中,读写器和电子标签的天线是线圈,读写器的线圈在它周围产生磁场,当电子标签通过时,电子标签线圈上会产生感应电压,整流后可为电子标签上的微型芯片供电,使电子标签开始工作。RFID 电感耦合方式中,读写器线圈和电子标签线圈的电感耦合如图 3.1 所示。

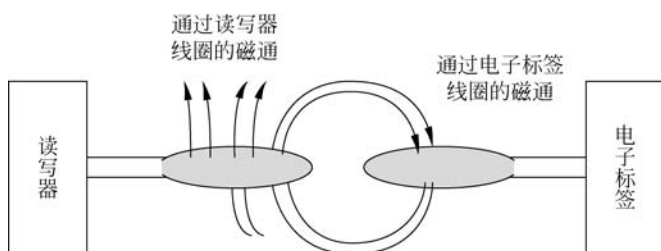


图 3.1 读写器线圈和电子标签线圈的电感耦合

计算表明,在与线圈天线的距离增大时,磁场强度的下降起初为 60dB/10 倍频程,当过渡到距离天线距离的一半之后,磁场强度的下降为 20dB/10 倍频程。另外,工作频率越低,工作波长越长,例如,6.78MHz、13.56MHz 和 27.125MHz 的工作波长分别为 44m、22m 和 11m。可以看出,在读写器的工作范围内(例如 0~10cm),使用频率较低的工作频率有利于读写器线圈和电子标签线圈的电感耦合。现在电感耦合方式的 RFID 系统,一般采用低频和高频频率,典型的频率为 125kHz、135kHz、6.78MHz、13.56MHz 和 27.125MHz。

低频频段的 RFID 系统最常用的工作频率为 125kHz。该频段 RFID 系统的工作特性

和应用如下：工作频率不受无线电频率管制约束；阅读距离一般情况下小于1m；有较高的电感耦合功率可供电子标签使用；无线信号可以穿透水、有机组织和木材等；典型应用为动物识别、容器识别、工具识别、电子闭锁防盗等；与低频电子标签相关的国际标准有用于动物识别的ISO 11784/11785 和空中接口协议ISO 18000-2(125kHz~135kHz)等；非常适合近距离、低速度、数据量要求较少的识别应用。

高频频段的RFID系统最典型的工作频率为13.56MHz。该频段的电子标签是实际应用中用量最大的电子标签之一；该频段在世界范围内用作ISM频段使用；我国第二代身份证采用该频段；数据传输快，典型值为106kb/s；高时钟频率，可实现密码功能或使用微处理器；典型应用包括电子车票、电子身份证、电子遥控门锁控制器等；相关的国际标准有ISO 14443、ISO 15693 和 ISO 18000-3 等；电子标签一般制成标准卡片形状。

(2) RFID 电磁反向散射方式使用的频率

电磁反向散射的RFID系统，采用雷达原理模型，发射出去的电磁波碰到目标后反射，同时携带回目标的信息。该方式一般适合于微波频段，典型的工作频率有433MHz、800/900MHz、2.45GHz 和 5.8GHz，属于远距离RFID系统。

微波电子标签分为有源标签与无源标签两类，电子标签工作时位于读写器的远区，电子标签接收读写器天线的辐射场，读写器天线的辐射场为无源电子标签提供射频能量，将有源电子标签唤醒。该方式RFID系统的阅读距离一般大于1m，典型情况为4~7m，最大可达10m以上。读写器天线一般为定向天线，只有在读写器天线定向波束范围内的电子标签可以被读写。该方式读写器天线和电子标签天线的电磁辐射如图3.2所示。

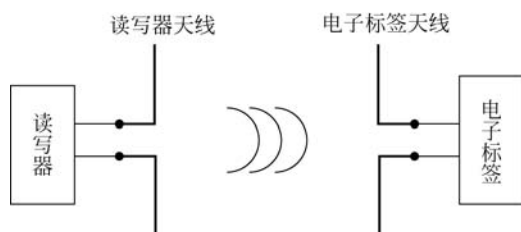


图 3.2 读写器天线和电子标签天线的电磁辐射

800/900MHz 频段是实现物联网的主要频段。比如，860MHz~960MHz 是 EPC Gen2 标准描述的第二代 EPC 标签与读写器之间的通信频率。EPC Gen2 标准是 EPC Global 最主要的 RFID 标准，Gen2 标签能够工作在 860MHz~960MHz 频段。我国根据频率使用的实际状况及相关的试验结果，结合我国相关部门的意见，并经过频率规划专家咨询委员会的审议，规划 840MHz~845MHz 及 920MHz~925MHz 频段用于 RFID 技术。以目前技术水平来说，无源微波标签比较成功的产品相对集中在 800/900MHz 频段，特别是 902MHz~928MHz 工作频段上。此外，800/900MHz 频段的设备造价较低。

2.45GHz 频段也是实现物联网的主要频段。例如，日本泛在识别 UID(Ubiquitous ID) 标准体系是射频识别三大标准体系之一，UID 使用 2.45GHz 的 RFID 系统。

5.8GHz 频段的使用比 800/900MHz 及 2.45GHz 频段少。国内外在道路交通方面使用的典型频率为 5.8GHz。5.8GHz 多为有源电子标签。5.8GHz 比 800/900MHz 的方向性更强。5.8GHz 的数据传输速度比 800/900MHz 更快。当然，5.8GHz 相关设备的造价较 800/900MHz 也更高。

3.3 微波通信

微波通信(Microwave Communication),是使用波长在 $0.1\text{mm}\sim 1\text{m}$ ($300\sim 3000\text{GHz}$) 的电磁波——微波进行通信。微波通信不需要固体介质,当两点间直线距离内无障碍时就可以使用微波传送。利用微波进行通信具有容量大、质量好的优势并可传至很远的距离,因此是国家通信网的一种重要通信手段,也普遍适用于各种专用通信网。

我国微波通信广泛应用 L、S、C、X 诸频段,K 频段的应用尚在开发之中。由于微波的频率极高,波长又很短,其在空中的传播特性与光波相近,也就是直线前进,遇到阻挡就被反射或被阻断,因此微波通信的主要方式是视距通信,超过视距以后需要中继转发。

一般说来,由于地球曲面的影响以及空间传输的损耗,每隔 50km 左右,就需要设置中继站,将电波放大转发而延伸。这种通信方式也称为微波中继通信或微波接力通信。长距离微波通信干线可以经过几十次中继而传至数千千米仍可保持很高的通信质量。

微波站的设备包括天线、收发信机、调制器、多路复用设备以及电源设备、自动控制设备等。为了把电波聚集起来成为波束送至远方,一般都采用抛物面天线,其聚焦作用可大大增加传送距离。多个收发信机可以共同使用一个天线而互不干扰,我国现用微波系统在同一频段、同一方向可以有六发六收同时工作,也可以八发八收同时工作以增加微波电路的总体容量。多路复用设备有模拟和数字之分。模拟微波系统每个收发信机可以工作于 60 路、960 路、1800 路或 2700 路通信,可用于不同容量等级的微波电路。数字微波系统应用数字复用设备以 30 路电话按时分复用原理组成一次群,进而可组成二次群 120 路、三次群 480 路、四次群 1920 路,并经过数字调制器调制于发射机上,在接收端经数字解调器还原成多路电话。最新的微波通信设备,其数字系列标准与光纤通信的同步数字系列(SDH)完全一致,称为 SDH 微波。这种新的微波设备在一条电路上,8 个波束可以同时传送 3 万多路数字电话电路(2.4Gb/s)。

微波通信由于其频带宽、容量大,可以用于各种电信业务的传送,如电话、电报、数据、传真以及彩色电视等均可通过微波电路传输。微波通信具有良好的抗灾性能,对水灾、风灾以及地震等自然灾害,微波通信一般都不受影响。但微波经空中传送,易受干扰,在同一微波电路上不能使用相同频率于同一方向,因此微波电路必须在无线电管理部门的严格管理下进行建设。此外由于微波直线传播的特性,在电波波束方向上,不能有高楼阻挡,因此城市规划部门要考虑城市空间微波通道的规划,使之不受高楼的阻隔而影响通信。

3.4 近距离无线通信技术概览

当今,无线通信在人们的生活中扮演着越来越重要的角色,低功耗、微型化是用户对当前无线通信产品尤其是便携产品的强烈追求,因此,作为无线通信技术的一个重要分支——近距离无线通信技术正逐渐引起越来越广泛的关注。

近距离无线通信技术的范围很广,在一般意义上,只要通信收发双方通过无线电波传输信息,并且传输距离限制在较短的范围内,通常是几十米以内,就可以称为近(短)距离无线

通信。低成本、低功耗和对等通信,是近距离无线通信技术的三个重要特征和优势。首先,低成本是近距离无线通信的客观要求,因为各种通信终端的产销量都很大,要提供终端间的直通能力,没有足够低的成本是很难推广的。其次,低功耗是相对其他无线通信技术而言的一个特点,这与其通信距离短这个先天特点密切相关,由于传播距离近,遇到障碍物的概率也小,发射功率普遍都很低,通常在毫瓦(mW)量级。第三,对等通信是近距离无线通信的重要特征,有别于基于网络基础设施的无线通信技术。终端之间对等通信,无须网络设备进行中转,因此空中接口设计和高层协议都相对比较简单,无线资源的管理通常采用竞争的方式(如载波侦听)。

近距离无线通信通常指的是 100m 以内的通信,一般分为高速近距离无线通信和低速近距离无线通信两类。高速近距离无线通信最高数据速率大于 100Mb/s,通信距离小于 10m,典型技术有高速超宽带(UWB);低速近距离无线通信的最低数据速率小于 1Mb/s,通信距离小于 100m,典型技术有 ZigBee、Bluetooth 等。目前,比较受关注的近距离无线通信技术包括蓝牙、802.11(WiFi)、ZigBee、红外(IrDA)、超宽带(UWB)、近距场无线通信(Near Field Communication, NFC)等,它们都有其立足的特点,或基于传输速度、距离、耗电量的特殊要求;或着眼于功能的扩充性;或符合某些单一应用的特别要求;或建立竞争技术的差异化等。但是没有一种技术可以完美到足以满足所有的要求。

近距离无线通信技术以其丰富的技术种类和优越的技术特点,满足了物联网的应用需求,逐渐成为物联网架构体系的主要支撑技术。同时,物联网的发展也为近距离无线通信技术的发展提供了丰富的应用场景,极大地促进了近距离无线通信技术与行业应用的融合。

3.4.1 蓝牙

蓝牙(Bluetooth)是一种无线数据与语音通信的开放性全球规范,它以低成本的短距离无线连接为基础,可为固定的或移动的终端设备(如掌上电脑、笔记本计算机和手机等)提供廉价的接入服务。其实质内容是为固定设备或移动设备之间的通信环境建立通用的近距无线接口,将通信技术与计算机技术结合起来,使各种设备在没有电线或电缆相互连接的情况下,能在近距离范围内实现相互通信或操作。其传输频段为全球公众通用的 2.4GHz ISM (Industrial Scientific Medical)频段,提供 1Mb/s 的传输速率和 10m 的传输距离。

蓝牙技术诞生于 1994 年,爱立信公司(Ericsson)当时决定开发一种低功耗、低成本的无线接口,以建立手机及其附件间的通信。该技术还陆续获得 PC 行业业界巨头的支持。1998 年 5 月,爱立信联合诺基亚(Nokia)、英特尔(Intel)、IBM、东芝(Toshiba)4 家公司一起成立了蓝牙特殊利益集团(Special Interest Group, SIG),负责蓝牙技术标准的制定、产品测试,并协调各国蓝牙技术的具体使用。3Com、朗讯(Lucent)、微软(Microsoft)和摩托罗拉(Motorola)也很快加盟到 SIG,与 SIG 的 5 个创始公司一同成为 SIG 的 9 个倡导发起者。自蓝牙规范 1.0 版推出后,蓝牙技术的推广与应用得到了迅猛发展。截至目前, SIG 的成员已经超过了 2500 家,几乎覆盖了全球各行各业,包括通信厂商、网络厂商、外设厂商、芯片厂商、软件厂商等,甚至消费类电器厂商和汽车制造商也加入了 Bluetooth SIG。

蓝牙协议的标准版本为 IEEE 802.15.1,基于蓝牙规范 V1.1 实现,后者已构建到现行很多蓝牙设备中。新版 IEEE 802.15.1a 基本等同于蓝牙规范 V1.2 标准,具备一定的 QoS 特性,并完整保持后向兼容性。IEEE 802.15.1a 的 PHY 层采用先进的扩频跳频技术,提供

10Mb/s 的数据速率。另外,在 MAC 层中改进了与 802.11 系统的共存性,并提供增强的语音处理能力、更快速的建立连接能力、增强的服务品质以及提高蓝牙无线连接安全性的匿名模式。

从目前的应用来看,由于蓝牙体积小、功率低,其应用已不局限于计算机外设,几乎可以被集成到任何数字设备之中,特别是那些对数据传输速率要求不高的移动设备和便携设备。蓝牙技术的特点可归纳为如下几点。

(1) 全球范围适用: 蓝牙工作在 2.4GHz 的 ISM 频段,全球大多数国家 ISM 频段的范围是 2.4~2.4835GHz,使用该频段无须向各国的无线电资源管理部门申请许可证。

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

(3) 可以建立临时性的对等连接(Ad-hoc Connection): 根据蓝牙设备在网络中的角色,可分为主设备(Master)与从设备(Slave)。主设备是组网连接主动发起连接请求的蓝牙设备,几个蓝牙设备连接成一个皮网(Piconet,又名微微网)时,其中只有一个主设备,其余的均为从设备。皮网是蓝牙最基本的一种网络形式,最简单的皮网是一个主设备和一个从设备组成的点对点的通信连接。通过时分复用技术,一个蓝牙设备便可以同时与几个不同的皮网保持同步,具体来说,就是该设备按照一定的时间顺序参与不同的皮网,即某一时刻参与某一皮网,而下一时刻参与另一个皮网。

(4) 具有很好的抗干扰能力: 工作在 ISM 频段的无线电设备有很多种,如家用微波炉、无线局域网 WLAN 和 HomeRF 等产品,为了很好地抵抗来自这些设备的干扰,蓝牙采用了跳频(Frequency Hopping)方式来扩展频谱(Spread Spectrum),将 2.402~2.48GHz 频段分成 79 个频点,相邻频点间隔 1MHz。蓝牙设备在某个频点发送数据之后,再跳到另一个频点发送,而频点的排列顺序则是伪随机的,每秒钟频率改变 1600 次,每个频率持续 625 μ s。

(5) 蓝牙模块体积很小、便于集成: 由于个人移动设备的体积较小,嵌入其内部的蓝牙模块体积就应该更小,如爱立信公司的蓝牙模块 ROK101008 的外形尺寸仅为 32.8mm $\times$ 16.8mm $\times$ 2.95mm。

(6) 低功耗: 蓝牙设备在通信连接(Connection)状态下,有激活(Active)模式、呼吸(Sniff)模式、保持(Hold)模式和休眠(Park)模式四种工作模式。Active 模式是正常的工作状态,另外三种模式是为了节能所规定的低功耗模式。

(7) 开放的接口标准: SIG 为了推广蓝牙技术的使用,将蓝牙的技术标准全部公开,全世界范围内的任何单位和个人都可以进行蓝牙产品的开发,只要最终通过 SIG 的蓝牙产品兼容性测试,就可以推向市场。

(8) 成本低: 随着市场需求的扩大,各个供应商纷纷推出自己的蓝牙芯片和模块,蓝牙产品价格飞速下降。

蓝牙无线技术的应用大体上可以划分为替代线缆(Cable Replacement)、因特网桥(Internet Bridge)和临时组网(Ad Hoc Network)3 个领域。

(1) 替代线缆

1994年, Ericsson 公司就将其作为替代设备之间线缆的一项短距离无线技术。与其他短距离无线技术不同, 蓝牙从一开始就定位于结合语音和数据应用的基本传输技术。最简单的一种应用就是点对点(Point to Point)的替代线缆, 例如耳机和移动电话、笔记本电脑和移动电话、PC 和 PDA(数据同步)、数码相机和 PDA 以及蓝牙电子笔和移动电话之间的无线连接。

围绕替代线缆再复杂一点的应用, 就是多个设备或外设在一个简单的“个人局域网”(PAN)内建立通信连接, 如在台式计算机、鼠标、键盘、打印机、PDA 和移动电话之间建立无线连接。为了支持这种应用, 蓝牙还定义了“微网”的概念, 同一个 PAN 内至多有 8 个数据设备, 即 1 个“主设备”(Master)和 7 个“从设备”(Slave)共存。

(2) 因特网桥

蓝牙标准还更进一步地定义了“网络接入点”(Network Access Point)的概念。它允许一台设备通过此网络接入点来访问网络资源, 如访问 LAN、Intranet、Internet 和基于 LAN 的文件服务和打印设备。而且这种网络资源不仅仅可以提供数据业务服务, 还可以提供无线的语音业务服务, 从而可以实现蓝牙终端和无线耳机之间的移动语音通信。通过接入点和微型网的结合, 可以极大地扩充网络基础设施, 丰富网络资源, 从而最终实现不同类型的多种设备依托此种网络结构共享语音和数据业务服务。

建立这样一个安全和灵活的蓝牙网络需要以下 3 部分软件和硬件设施组成: 一是蓝牙接入点(Bluetooth Access Point, BAP), 它们可以安装在提供蓝牙网络服务的公共、个人或商业性建筑物上, 目前大多数接入点只能在 LAN 和蓝牙设备之间提供数据业务服务, 而少数高档次的系统可以提供无线语音连接; 二是本地网络服务器(Local Network Server), 此设备是蓝牙网络的核心, 它提供基本的共享式网络服务, 如接入 Internet、Intranet 和连接基于 PBX 的语音系统等; 三是网络管理软件(Network Management Software), 此软件也是网络的核心, 集中式管理的形式能够提供诸如网络会员管理、业务浏览、本地业务服务、语音呼叫路由、漫游和计费等功能。蓝牙无线网络的结构如图 3.3 所示。

基于上述蓝牙网络的商业化应用已经浮出水面。在分布了多个蓝牙接入点的商店, 顾客可以利用带有 WAP、蓝牙和 Web 浏览功能的移动电话付款、结账和浏览店内提供的商品; 在装有基于蓝牙的饭店客人服务系统的 Holiday Inn 中, 客人使用 Ericsson 的具备蓝牙功能的 R520m 移动电话就可以进行入住登记和结账服务, 甚至可以用移动电话打开预定客房的房门。

在欧美国家, 配备蓝牙等无线因特网接入服务的设施被称为“Hot Spot”, 各国都在积极探索开展 Hot Spot 业务的商业模式。

(3) 临时组网

上述的“网络接入点”是基于网络基础设施(Infrastructure Network)的, 即网络中存在固定的、有线连接的网关。蓝牙标准还定义了基于无网络基础设施(Infrastructure-less Network)的“散型网”(Scatternet)概念, 意在建立完全对等(P2P)的 Ad Hoc Network。所谓的 Ad Hoc Network 是一个临时组建的网络, 其中没有固定的路由设备, 网络中所有的节点都可以自由移动, 并以任意方式动态连接(随时都有节点加入或离开), 网络中的一些节点客串路由器来发现和维持与网络其他节点间的路由。Ad Hoc Network 应用于紧急搜索和

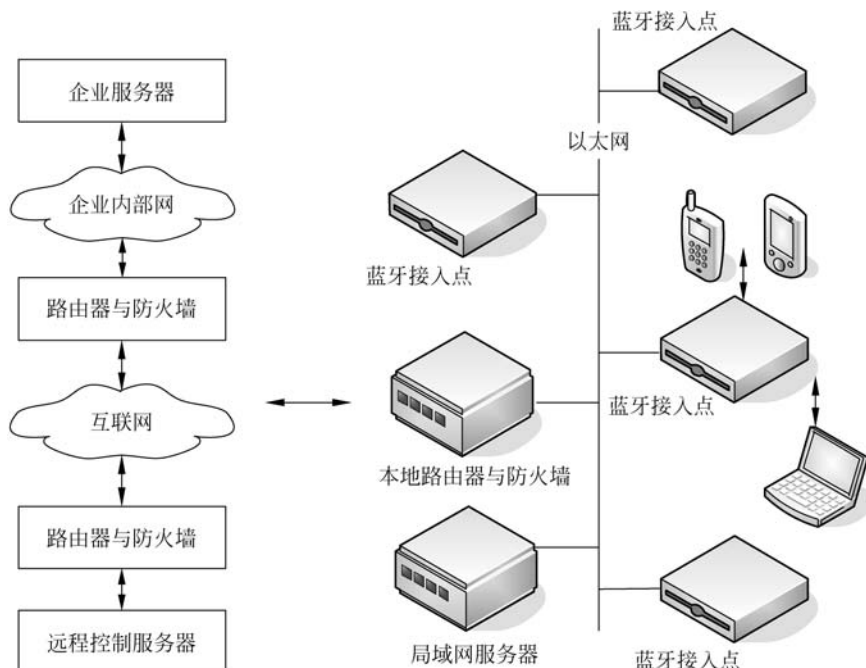


图 3.3 蓝牙无线网络结构

救援行动中、会议和大会进行中及参加人员希望快速共享信息的场合。蓝牙标准中微网采用主/从工作模式,若干个临时组建的微网可以建立连接构成散型网。由主设备的蓝牙地址(BD-ADDR)及本地时钟(CLKN)决定一个微网的信道跳频序列(Channel Hopping Sequence)及同步时钟(CLK),微网内的所有从设备与此跳频序列保持同步。一个微网内的从设备可以同时作为其他微网的从设备,而一个微网的主设备在其他微网内只能作为从设备。在保证一定误码率及冲突限度的前提下,一个散型网可由至多 10 个微网构成,由此可见,在一定范围内可支持的蓝牙无线设备的密度相当高。当前的蓝牙协议并不支持完全对等的通信,如果在临时组建的微网内充当主单元的设备突然离去,剩余的设备不会自发地组建起一个新的微网;同时,蓝牙协议也不支持 Ad Hoc 业务的分配和管理,蓝牙的业务发现协议(SDP)为适应蓝牙通信的动态特性进行了优化,但 SDP 集中于对蓝牙设备上可利用业务的发现,而没有定义如何访问这些业务的方法(包括发现和得到协议,访问方式,驱动和使用这些业务所需的代码),对访问业务的控制和选择等。尽管如此,蓝牙的 SDP 可以与其他业务发现协议共存,也可以通过蓝牙定义的其他协议来访问这些业务。为部分解决上述问题,北欧一家产品工作平台开发商,蓝牙 SIG 成员之一的 Pocit Lab 开发出了自发的短距离 P2P 业务平台——BlueTalk,以及智能的无线对等网络——BlueTalkNet。他们的工作平台在基于 PDA 的游戏上得到了应用,并且获得了 Bluetooth Congress 2001 的“最具创新产品奖”(Most Innovative Product)。

3.4.2 Wibree

Wibree,超低功耗蓝牙无线技术,又被称作“小蓝牙”,是一种能够方便快捷地接入手机和一些诸如翻页控件、个人掌上电脑(PDA)、无线计算机外围设备、娱乐设备和医疗设备等

便携式设备的低能耗无线局域网(WLAN)互动接入技术。

作为一种新的短距离无线通信技术,Wibree 技术于 2001 年最先由诺基亚公司提出。之后,诺基亚公司与 Broadcom、CSR 等半导体厂商一起联合推动该项技术的发展。2007 年 6 月 12 日,蓝牙 SIG 与 Wibree 论坛宣布 Wibree 并入蓝牙,Wibree 将作为蓝牙的超低耗电通信标准重新进行定义。类似于蓝牙技术,Wibree 技术可以在设备间进行连接,并且突破了蓝牙固有的能量局限,功耗仅为蓝牙的 1/10。Wibree 技术的信号能够在 2.4GHz 的无线电频率上以最高达 1Mb/s 的数据传输率覆盖方圆 5~10m 的范围。Wibree 技术可以很方便地和蓝牙技术一起部署到一块独立宿主芯片上或一块双模芯片上。

Wibree 由于其自身短距离、超低能耗、高数据传输率的特点,被广泛认为是新一代的蓝牙技术,或者是蓝牙技术的补充。

3.4.3 WiFi

WiFi(Wireless Fidelity,无线高保真)的正式名称是 IEEE 802.11b,与蓝牙一样,同属于短距离无线通信技术。WiFi 速率最高可达 11Mb/s。虽然在数据安全性方面比蓝牙技术要差一些,但在电波的覆盖范围方面却略胜一筹,可达 100m 左右。

WiFi 是以太网的一种无线扩展,理论上只要用户位于一个接入点四周的一定区域内,就能以最高约 11Mb/s 的速度接入 Web。但实际上,如果有多个用户同时通过一个点接入,带宽被多个用户分享,WiFi 的连接速度一般将只有几百 kb/s 的信号不受墙壁阻隔,但在建筑物内的有效传输距离小于户外。

WiFi 技术未来最具潜力的应用将主要在 SOHO、家庭无线网络以及不便安装电缆的建筑物或场所。目前这一技术的用户主要来自机场、酒店、商场等公共热点场所。WiFi 技术可将 WiFi 与基于 XML 或 Java 的 Web 服务融合起来,可以大幅度减少企业的成本。例如企业选择在每一层楼或每一个部门配备 802.11b 的接入点,而不是采用电缆线把整幢建筑物连接起来。这样一来,可以节省大量铺设电缆所需花费的资金。

最初的 IEEE 802.11 规范是在 1997 年提出的,称为 IEEE 802.11b,主要目的是提供 WLAN(Wireless Local Area Network,无线局域网)接入,也是目前 WLAN 的主要技术标准,它的工作频率是 ISM 2.4GHz,与无绳电话、蓝牙等许多不需频率使用许可证的无线设备共享同一频段。随着 WiFi 协议新版本如 802.11a 和 802.11g 的先后推出,WiFi 的应用将越来越广泛。速度更快的 802.11g 使用与 802.11a 相同的 OFDM(正交频分多路复用调制)技术,同样工作在 2.4GHz 频段,速率达 54Mb/s。根据最近国际消费电子产品的发展趋势判断,802.11g 将有可能被大多数无线网络产品制造商选择作为产品标准。当前在各地如火如荼展开的“无线城市”的建设,强调将 WiFi 技术与 3G、LTE 等蜂窝通信技术融合互补,通过 WLAN 对宏网络数据业务的有效补充,为电信运营商创造出一种新的盈利运营模式;同时,也为 WiFi 技术带来了新的巨大市场增长空间。

3.4.4 WiGig(60GHz)

WiGig(Wireless Gigabit,无线千兆比特)是一种更快的短距离无线技术,可用于在家中快速传输大型文件。WiGig 和 WirelessHD 都使用 60GHz 的频段,这一基本尚未使用的频

段可以在近距离内实现极高的传输速率。WiGig 不是 WirelessHD(无线高清)等技术的直接竞争对手,它拥有更广泛的用途,其目标不仅是连接电视机,还包括手机、摄像机和个人计算机。

WiGig 可以达到每秒 6000 兆比特(6Gb/s)的传输速率,差不多能在 15s 内传输一部 DVD 的内容。WiGig 技术比 WiFi 技术快 10 倍,且无须难看的网线就可以将高清视频由计算机和机顶盒传输到电视机上。WiGig 的传输距离比 WiFi 短——WiGig 可以在一个房间内正常运转,也能延伸至相邻房间。

WiGig 的技术规范为 WiGig 1.0 无线标准,其核心内容如下:支持高达 7Gb/s 的数据传输速率,比 802.11n 的最高传输速率快十倍以上;作为 802.11 介质访问控制层(MAC)的补充和延伸,并兼容 IEEE 802.11 标准;物理层同时满足了 WiGig 设备对低功耗和高稳定的要求,可确保设备互操作性和以千兆以上速率通信的要求;协议适应层目前正在开发中,以支持特定的系统接口,如 PC 外围设备的系统总线、HDTV 的显示接口以及显示器和投影仪等;支持波束成形技术,支持 10m 以上的可靠通信;为 WiGig 设备提供广泛、高级的安全和功耗管理机制等。

从技术上来说,WiGig 1.0 标准融合了 WirelessHD 和传统 WiFi 技术的各项优点。因此,相对于 WirelessHD 而言,WiGig 1.0 标准有着自己的优势。

第一,WiGig 1.0 与 WiFi 融合的优势。除了拥有接近 7Gb/s 的传输速率之外,WiGig 1.0 标准的一大优势在于它可以跟目前的 WiFi 很好地融合。WiGig 技术很大部分是由传统 WiFi 延伸而来,因此它拥有向下兼容 802.11n 的能力:当用户距离 AP(Access Point,接入点)较远,其无线连接将选择传输速度较慢但传输距离更远的频段(比如 802.11n);而当用户距离 AP 较近时,系统将自动切换到 60GHz 频段,以获得更高的连接速率。另外,在信号加密方面,WiGig 设备将兼容 802.11 的 WPA2 加密算法,确保了它与现有无线网络的互联互通。

正是由于 WiGig 1.0 标准良好的互联互通能力,现在有一些芯片制造商和 WiGig 内部已经开始讨论把 WiGig 融入 WiFi 标准,以弥补目前 802.11 规范在超高速无线标准中的缺失,其中就包括了英特尔、Broadcom 和 Atheros 等。WiFi 联盟认证组织表示:WiGig 可以作为 WiFi 标准的一个补充,随着各种条件的成熟,WiFi 和 WiGig 将来完全有可能融合到一起。

第二,WiGig 1.0 标准瞄准多平台应用。最初,WiGig 技术瞄准的是家庭内部的无线高清传输市场,但是当正式的标准出台之后人们惊奇地发现,也许可以将 WiGig 技术应用到其他领域。

除了能满足高分辨率视频信号的传输需求外,WiGig 所具有的高带宽和低延迟特点也是其他几种应用的理想选择,如把笔记本电脑上的内容传输到台式机上播放和存储,以及无须电缆就能把视频从高清摄像机传输到电视上。支持 WiGig 标准的网卡功耗和成本与现有 802.11n 产品相当,因此完全可以将它移植到移动领域,比如让手机无线连接电视、计算机,传输视频、音乐或照片等,而不是仅仅局限于高清视频的传输。这预示着智能手机也是它的发展方向之一。

此外,WiGig 技术并非只是面向视频和文件的传输,该标准的协议适应层目前正在发展当中,希望支持特定的系统接口,以替代 HDMI 或 Display Port,这意味着未来显卡和显示

器之间也可以通过无线来进行连接,NVIDIA、AMD 和 Intel 齐聚 WiGig 就显示了这一美好前景。

3.4.5 IrDA

红外线数据协会 IrDA(Infrared Data Association)成立于 1993 年。起初,采用 IrDA 标准的无线设备仅能在 1m 范围内以 115.2kb/s 的速率传输数据,很快发展到 4Mb/s 以及 16Mb/s 的速率。

IrDA 是一种利用红外线进行点对点通信的技术,是第一个实现无线个人局域网(Wireless Personal Area Network,WPAN)的技术。目前它的软硬件技术都很成熟,在小型移动设备,如 PDA、手机上广泛使用。事实上,当今每一个出厂的 PDA 及许多手机、笔记本电脑、打印机等产品都支持 IrDA。

IrDA 的主要优点是无须申请频率的使用权,因而红外通信成本低廉。并且还具有移动通信所需的体积小、功耗低、连接方便、简单易用的特点。此外,红外线发射角度较小,传输上安全性高。

IrDA 的不足在于它是一种视距传输,两个相互通信的设备之间必须对准,中间不能被其他物体阻隔,因而该技术只能用于 2 台(非多台)设备之间的连接。而蓝牙就没有此限制,且不受墙壁的阻隔。IrDA 目前的研究方向是如何解决视距传输问题及提高数据传输率。

3.4.6 ZigBee

ZigBee 主要应用在短距离范围之内并且数据传输速率不高的各种电子设备之间。ZigBee 名字来源于蜂群使用的赖以生存和发展的通信方式,蜜蜂通过跳 ZigZag 形状的舞蹈来分享新发现的食物源的位置、距离和方向等信息。

ZigBee 联盟成立于 2001 年 8 月。2002 年下半年,Invensys、Mitsubishi、Motorola 以及 Philips 半导体公司四大巨头共同宣布加盟 ZigBee 联盟,研发名为 ZigBee 的下一代无线通信标准。到目前为止,该联盟已有包括芯片、IT、电信和工业控制领域内约 500 多家世界著名企业会员。ZigBee 联盟负责制定网络层、安全层和 API(应用编程接口)层协议。2004 年 12 月 14 日,ZigBee 联盟发布了第一个 ZigBee 技术规范。ZigBee PHY 和 MAC 层由 IEEE 802.15.4 标准定义。802.15.4 定义了两个物理层标准,分别对应于 2.4GHz 频段和 868/915MHz 频段。两者均基于直接序列扩频,物理层数据包格式相同,区别在于工作频率、调制技术、扩频码片长度和传输速率,具体见表 3.2。

表 3.2 2.4GHz 频段和 868/915MHz 频段物理层的区别

工作频率/MHz	频段/MHz	数据速率/(kb/s)	调制方式
868/915	868~868.6	20	BPSK
	902~928	40	BPSK
2450	2400~2483.5	250	O-QPSK

2.4GHz 频段为全球免许可 ISM 频段,可以降低 ZigBee 设备的生产成本。该物理层采用高阶调制技术,提供 250kb/s 的传输速率,有助于获得更高的吞吐量、更小的通信时延和更短的工作周期,从而更加省电。ZigBee 技术在该频段采用 O-QPSK 调制,其调制过程如图 3.4 所示。

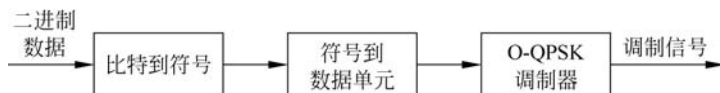


图 3.4 ZigBee 技术在 2.4GHz 频段的调制过程

868MHz 为欧洲 ISM 频段,915MHz 为美国的 ISM 频段。它们的引入避免了 2.4GHz 附近各种无线通信设备的相互干扰。传输速率分别为 20kb/s 和 40kb/s,这两个频段上无线信号传播损耗较小,可以降低对接收机灵敏度的要求,获得较远的有效通信距离,从而可以用较少的设备覆盖给定的区域。该频段的 ZigBee 系统采用差分编码和 BPSK 技术,调制过程如图 3.5 所示。

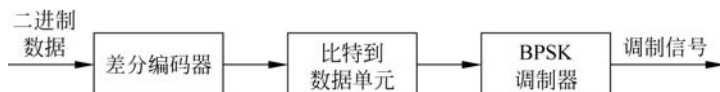


图 3.5 869/915MHz 频段的 ZigBee 系统的调制过程

ZigBee 可以说是蓝牙的同族兄弟。与蓝牙相比,ZigBee 更简单、速率更慢、功率及费用也更低。它的基本速率是 250kb/s,当降低到 28kb/s 时,传输范围可扩大到 134m,并获得更高的可靠性。另外,它可与 254 个节点联网。可以比蓝牙更好地支持游戏、消费电子、仪器和家庭自动化应用。此外,人们期望能在工业监控、传感器网络、家庭监控、安全系统和玩具等领域拓展 ZigBee 的应用。ZigBee 技术特点如下。

- (1) 数据传输速率低。只有 10kb/s~250kb/s,专注于低传输应用。
- (2) 功耗低。在低功耗待机模式下,两节普通 5 号干电池可使用 6 个月以上。这也是 ZigBee 的支持者所一直引以为豪的独特优势。
- (3) 成本低。因为 ZigBee 数据传输速率低,协议简单,所以大大降低了成本;积极投入 ZigBee 开发的 Motorola 以及 Philips,均已在 2003 年正式推出芯片,飞利浦预估,应用于主机端的芯片成本和其他终端产品的成本比蓝牙更具价格竞争力。
- (4) 网络容量大。每个 ZigBee 网络最多可支持 255 个设备,也就是说每个 ZigBee 设备可以与另外 254 台设备相连接。
- (5) 有效范围小。有效覆盖范围为 10~75m,具体依据实际发射功率的大小和各种不同的应用模式而定,基本上能够覆盖普通的家庭或办公室环境。
- (6) 工作频段灵活。使用的频段分别为 2.4GHz、868MHz(欧洲)及 915MHz(美国),均为免执照频段。

根据 ZigBee 联盟目前的设想,ZigBee 的目标市场主要有 PC 外设(鼠标、键盘、游戏操控杆),消费类电子设备(TV、VCR、CD、VCD、DVD 等设备上的遥控装置),家庭内智能控制(照明、煤气计量控制及报警等),玩具(电子宠物),医护(监视器和传感器),工控(监视器、传感器和自动控制设备)等非常广阔的领域。

3.4.7 NFC

NFC(Near Field Communication, 近距离无线传输)是由 Philips、NOKIA 和 Sony 主推的一种类似于 RFID(非接触式射频识别)的短距离无线通信技术标准。和 RFID 不同, NFC 采用了双向的识别和连接。工作频率 13.56MHz, 工作距离 20cm 以内。

NFC 最初仅仅是 RFID 和网络技术的合并, 但现在已发展成无线连接技术。它能快速自动地建立无线网络, 为蜂窝设备、蓝牙设备、WiFi 设备提供一个“虚拟连接”, 使电子设备可以在短距离范围进行通信。NFC 的短距离交互大大简化了整个认证识别过程, 使电子设备间互相访问更直接、更安全和更清楚, 不用再听到各种电子杂音。

NFC 通过在单一设备上组合所有的身份识别应用和服务, 帮助解决记忆多个密码的麻烦, 同时也保证了数据的安全保护。有了 NFC, 多个设备如数码相机、PDA、机顶盒、计算机、手机等之间的无线互联、彼此交换数据或服务都将有可能实现。

此外 NFC 还可以将其他类型无线通信(如 WiFi 和蓝牙)“加速”, 实现更快和更远距离的数据传输。每个电子设备都有自己的专用应用菜单, 而 NFC 可以创建快速安全的连接, 而无须在众多接口的菜单中进行选择。与知名的蓝牙等短距离无线通信标准不同的是, NFC 的作用距离进一步缩短且不像蓝牙那样需要有对应的加密设备。

同样, 构建 WiFi 家族无线网络需要多台具有无线网卡的计算机、打印机和其他设备。除此之外, 还得有一定技术的专业人员才能胜任这一工作。而 NFC 被置入接入点之后, 只要将其中两个靠近就可以实现交流, 比配置 WiFi 连接容易得多。

NFC 有三种应用类型。

(1) 设备连接。除了无线局域网, NFC 也可以简化蓝牙连接。比如, 手提计算机用户如果想在机场上网, 他只需要走近一个 WiFi 热点即可实现。

(2) 实时预定。比如, 海报或展览信息背后贴有特定芯片, 利用含 NFC 协议的手机或 PDA, 便能取得详细信息, 或是立即联机使用信用卡进行票券购买。而且, 这些芯片无须独立的能源。

(3) 移动商务。飞利浦 Mifare 技术支持了世界上几个大型交通系统及在银行业为客户提供 Visa 卡等各种服务。索尼的 FeliCa 非接触智能卡技术产品在中国香港及深圳、新加坡、日本的市场占有率非常高, 主要应用在交通及金融机构。

总而言之, 这项新技术正在改写无线网络连接的游戏规则, 但 NFC 的目标并非是完全取代蓝牙、WiFi 等其他无线技术, 而是在不同的场合、不同的领域起到相互补充的作用。所以, 目前后来居上的 NFC 发展态势相当迅速! 3.5 节还将进一步介绍 NFC 技术。

3.4.8 UWB

超宽带(Ultra Wideband, UWB)技术是一种无线载波通信技术, 它不采用正弦载波, 而是利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据, 因此其所占的频谱范围很宽。UWB 可在非常宽的带宽上传输信号, 美国 FCC 对 UWB 的规定为: 在 3.1GHz~10.6GHz 频段中占用 500MHz 以上的带宽。由于 UWB 可以利用低功耗、低复杂度发射/接收机实现高速数据传输, 在近年来得到了迅速发展。它在非常宽的频谱范围内采用低功率脉冲传送数据而不会对常规窄带无线通信系统造成大的干扰, 并可充分利用频谱资源。

UWB 技术具有系统复杂度低、发射信号功率谱密度低、对信道衰落不敏感、低截获能力、定位精度高等优点,尤其适用于室内等密集多径场所的高速无线接入,非常适于建立一个高效的无线局域网或无线个域网(WPAN)。UWB 主要应用在小范围、高分辨率、能够穿透墙壁、地面和身体的雷达和图像系统中。除此之外,这种新技术适用于对速率要求非常高(大于 100Mb/s)的 LANs 或 PANs。

UWB 最具特色的应用将是视频消费娱乐方面的无线个人局域网(WPANs)。现有的无线通信方式中,802.11b 和蓝牙的速率太慢,不适合传输视频数据;54Mb/s 速率的 802.11a 标准可以处理视频数据,但费用昂贵。而 UWB 有可能在 10m 范围内,支持高达 110Mb/s 的数据传输率,不需要压缩数据,可以快速、简单、经济地完成视频数据处理。具有一定相容性和高速、低成本、低功耗的优点,这使得 UWB 较适合家庭无线消费市场的需求:UWB 尤其适合近距离内高速传送大量多媒体数据以及可以穿透障碍物的突出优点,让很多商业公司将其看作是一种很有前途的无线通信技术,应用于诸如将视频信号从机顶盒无线传送到数字电视等家庭场合。当然,UWB 未来的前途还要取决于各种无线方案的技术发展、成本、用户使用习惯和市场成熟度等多方面的因素。

目前 UWB PHY 和 MAC 层的标准化工作主要在 IEEE 802.15.3a 和 IEEE 802.15.4a 中进行,其中 IEEE 802.15.3a 工作组负责高速 UWB,而 IEEE 802.15.4a 负责低速 UWB。这里主要介绍高速 UWB。

IEEE 802.15.3a 标准化的众多物理层技术中,目前主要包括两大技术阵营:一个是以 Intel 和 TI 为代表的多频带 OFDM(MB-OFDM),将频谱以 500MHz 带宽大小进行分割,在每个子频带上采用 OFDM 技术;另一个是以 Motorola 和 Freescale 为代表的直接序列 UWB(DS-UWB),采用传统脉冲无线电方案。这两种方案都工作在 FCC 分配的 3.1~10.6GHz 的免许可频段,但两者有不同的频段划分。

MB-OFDM 将该频带划分为 13 个频段,每个频段 528MHz,用来发送 128 点的 OFDM 信号,每个子载波占用 4MHz 带宽。根据目前的需要和硬件实现水平,采用 3 带方式(使用子频带 1~3)和 7 带方式(使用子频带 1~3 和 6~9)两种子频带配置方式。MB-OFDM 方案的发射端框架如图 3.6 所示。

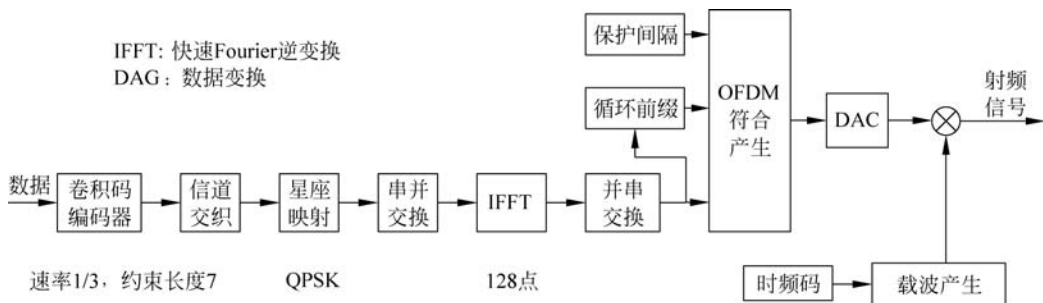


图 3.6 MB-OFDM 超宽带系统发射端框架

DS-UWB 将频带分为两个频段,即 3.1GHz~4.85GHz 和 6.2GHz~9.7GHz,在高低两个频段中基带信号扩频到整个带宽。而为了避免使用 U-NII 频段的其他系统,高低两个频段之间的部分没有使用。两个 DS-UWB 信号占用的带宽远远大于 MB-OFDM 信号的带宽,所以更容易达到很低的功率谱密度。DS-CDMA 系统的发射框架如图 3.7 所示。

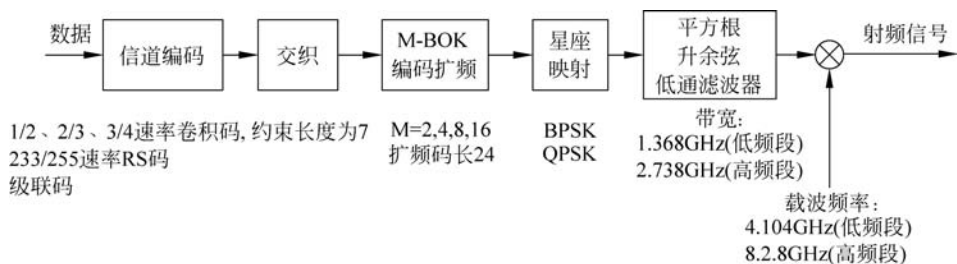


图 3.7 DS-CDMA 系统发射端框架

3.4.9 Z-Wave

Z-Wave 是一种新兴的基于射频的、低成本、低功耗、高可靠、适于网络的短距离无线通信技术。工作频带为 868.42MHz(欧洲)~908.42MHz(美国),采用 FSK(BFSK/GFSK)调制方式,数据传输速率为 9.6kb/s,信号的有效覆盖范围在室内是 30m,室外可超过 100m,适合于窄带应用场合。随着通信距离的增大,设备的复杂度、功耗以及系统成本通常都会增加,而相对于现有的各种无线通信技术,Z-Wave 技术将是最低功耗和最低成本的技术,有力地推动着低速率无线个人区域网(WPAN)的发展。

Z-Wave 技术设计用于住宅、照明商业控制以及状态读取,例如抄表、照明及家电控制、HVAC、接入控制、防盗及火灾检测等。Z-Wave 可将任何独立的设备转换为智能网络设备,从而可以实现控制和无线监测。Z-Wave 技术在最初设计时,就定位于智能家居无线控制领域。采用小数据格式传输,40kb/s 的传输速率足以应对,早期甚至使用 9.6kb/s 的速率传输。与同类的其他无线技术相比,拥有相对较低的传输频率、相对较远的传输距离和一定的价格优势。

Z-Wave 最初由丹麦 Zensys 公司提出,目前 Z-Wave 联盟已经具有 160 多家国际知名公司,范围基本覆盖全球各个国家和地区。尤其是思科(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,知名厂商如 Wintop、Leviton、Control4 等。在 2011 年美国国际消费电子展(CES)中,Wintop 已经推出基于互联网远程控制的产品,如远程监控、远程照明控制等。随着 Z-Wave 联盟的不断扩大,该技术的应用也将不仅仅局限于智能家居方面,在酒店控制系统、工业自动化、农业自动化等多个领域,都将发现 Z-Wave 无线网络的身影。

3.4.10 小结

对上述各种近距离无线通信技术的特点作一个小结,如表 3.3 所示。

表 3.3 各种近距离无线通信技术比较

	ZigBee	Bluetooth	UWB	WiFi	NFC	IrDA	WiGig	Z-Wave
安全性	中等	高	高	低	极高	低	低	高
传输速度	10~250kb/s	2.1Mb/s	53.3~480Mb/s	54Mb/s	424kb/s	16Mb/s	6Gb/s	9.6kb/s

续表

	ZigBee	Bluetooth	UWB	WiFi	NFC	IrDA	WiGig	Z-Wave
距离范围	10~74m (传输速率降到 28kb/s)	10m	10m	100m	<20cm	1m	10m	30m (室内)、 100m (室外)
频段	2.4GHz 868MHz(欧洲) 915MHz(美国)	2.4GHz	3.1GHz~ 10.6GHz	2.4GHz	13.56MHz	红外波段	60GHz	868MHz (欧洲)、 915MHz (美国)
国际标准	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1x	标准尚未制定	IEEE 802.11b IEEE 802.11g	ISO/IEC 18092(ECMA340) ISO/IEC 21481(ECMA352)	IRDA1.1	WiGig 1.0	标准尚未制定
成本	中	中	高	高	低	低	高	低

3.5 近场通信(NFC)

3.5.1 NFC 发展概述

NFC 英文全称 Near Field Communication,即近场通信技术。NFC 是脱胎于无线设备间的一种“非接触式射频识别”(RFID)及互联技术,为所有消费性电子产品提供了一个极为便利的通信方式。NFC 在数厘米(通常是 15cm 以内)距离之间于 13.56MHz 频率范围内运作,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,任意两个设备(如移动电话)接近而不需要线缆接插,就可以实现相互间的通信,满足任何两个无线设备间的信息交换、内容访问、服务交换。NFC 将非接触读卡器、非接触卡和点对点(Peer-to-Peer)功能整合进一块单芯片,为消费者提供了一个开放接口平台,可以对无线网络进行快速、主动设置,也是虚拟连接器,服务于现有蜂窝状网络、蓝牙和无线 802.11 设备。

2004 年 3 月 18 日,为了推动 NFC 的发展和普及,NXP(原飞利浦半导体)、索尼和诺基亚创建了一个非营利性的行业协会——NFC 论坛(NFC Forum),旨在促进 NFC 技术的实施和标准化,确保设备和服务之间协同合作。NFC 论坛负责制定模块式 NFC 设备架构的标准,以及兼容数据交换和除设备以外的服务、设备恢复和设备功能的协议。目前,NFC 论坛在全球拥有超过 130 个成员,包括全球各关键行业的领军企业,如万事达卡国际组织、松下电子工业有限公司、微软公司、摩托罗拉公司、NEC 公司、瑞萨科技公司、三星公司、德州仪器制造公司和 Visa 国际组织等。2006 年 7 月,复旦微电子成为首家加入 NFC 联盟的中国企业,之后清华同方微电子也加入了 NFC 论坛。

NFC 技术最初只是 RFID 技术和网络技术的简单合并,现在已经演变成一种具有相应标准的短距离无线通信技术,发展态势相当迅猛。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、移动(电子)票务、数据共享等领域具有很大的应用前景。

从2005年12月起,在美国乔治亚州的亚特兰大飞利浦斯球馆,Visa和飞利浦就开始合作进行主要的NFC测试,球迷们可以很轻松地在特许经营店和服装店里买东西。另外,将具有NFC功能的手机放在嵌有NFC标签的海报前,他们还可以下载电影内容,比如手机铃声、壁纸、屏保和最喜欢的明星及艺术家的剪报。

在欧洲,随着3G商用进程的逐步加快,各大移动运营商也在积极推广移动支付业务。2005年10月,在法国诺曼底的卡昂,飞利浦同法国电信、Orange、三星、LaSer零售集团以及Vinci公园合作进行了主要的多应用NFC测试。在6个月的测试中,200位居民使用嵌有飞利浦NFC芯片的三星D500手机在选定的零售点、公园设备进行支付,并可下载著名旅游景点的信息、电影宣传片以及汽车班次表。在芬兰,2004年5月起,芬兰国家铁路局在全国推广电子火车票,乘客不仅可以通过国家铁路局网站购买车票,还可以通过手机短信订购电子火车票。

在日本,2004年,NTT DoCoMo先后推出了面向PDC用户和FOMA用户的基于非接触IC智能芯片的Felica业务。用户可以在各种零售、电子票务、娱乐消费等商户利用这种手机进行支付。

在中国,2006年6月,NXP、诺基亚、中国移动厦门分公司与“厦门易通卡”在厦门展开NFC测试,该项合作是中国首次NFC手机支付的测试。2006年8月,Nokia与银联商务公司宣布在上海启动新的NFC测试,这是继厦门之后在中国的第二个NFC试点项目,也是全球范围内首次进行NFC空中下载试验。参与测试使用的NFC手机均为NOKIA 3220。2007年8月开始,内置NFC芯片的NOKIA 6131i在包括北京、厦门、广州在内的数个城市公开发售。这款手机预下载了一项可以在市政交通系统使用的交通卡,使用该手机,用户只需开设一个预付费账户就可以购买车票和在某些商场购物。

在未来,尤其是方兴未艾的物联网和移动互联网赋予了NFC技术更多的前景。

各种电子标签识别:在物联网时代,任何物品都是数字化的,因此,很可能具有一个电子标签,这个电子标签可能就是一个RFID tag(类似取代现在的条形码,但成本高点,但高不了多少),只需要将NFC设备(如手机)靠近任何物品/商品。即可以通过网络获取物品的相关信息。

点对点付款:这和普通的手机支付不同,点对点付款是指两个人直接用NFC设备(如手机)进行交易,比如A要给B n 元钱,直接两个人连上就可以完成转账。

一句话,也许在未来,各种卡片、各种门票、火车票、各种证件都会消失,只剩下一个手机(就像手机曾经干掉MP3、MP4一样),而一个手机几乎能干所有的事。

3.5.2 NFC工作原理

NFC存在两种工作模式:主动模式和被动模式,其工作原理是有所区别的。在主动模式下,每台设备要向另一台设备发送数据时,都必须产生自己的射频场。如图3.8所示,发起设备和目标设备都要产生自己的射频场,以便进行通信。这是对等网络通信的标准模式,可以获得非常快速的连接设置。

在主动模式下,通信双方收发器加电后,任何一方可以采用“发送前侦听”协议来发起。

在被动模式下,启动NFC通信的设备,也称为NFC发起设备(主设备),在整个通信过程中提供射频场(RF field),如图3.9所示。它可以选择106kb/s、212kb/s和424kb/s任一

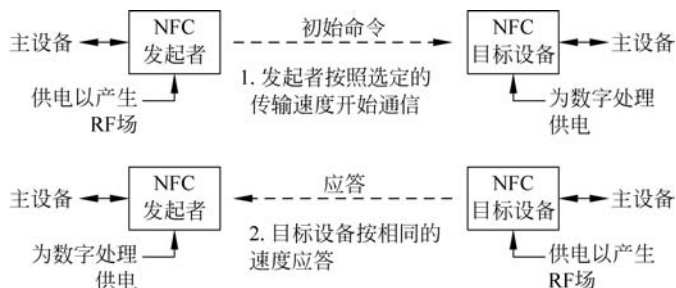


图 3.8 NFC 主动工作模式

种传输速度,将数据发送到另一台设备。另一台设备称为 NFC 目标设备(从设备),不必产生射频场,而使用负载调制(Load Modulation)技术,即可以相同的速度将数据传回发起设备。此通信机制与基于 ISO 14443A、MIFARE 和 FeliCa 的非接触式智能卡兼容,因此, NFC 发起设备在被动模式下,可以用相同的连接和初始化过程检测非接触式智能卡或 NFC 目标设备,并与之建立联系。

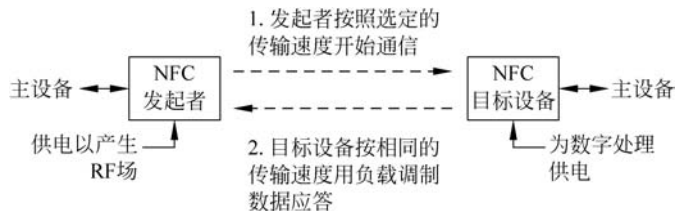


图 3.9 NFC 被动工作模式

在被动模式下,目标是一个被动设备。被动设备从发起者传输的磁场获得工作能量,然后通过调制磁场将数据传送给发起者(后扫描调制,AM 的一种)。移动设备主要以被动模式操作,这样可以大幅降低功耗,延长电池寿命。在一个具体应用过程中, NFC 设备可以在发起设备和目标设备之间转换自己的角色,利用这项功能,电池电量较低的设备可以要求以被动模式充当目标设备,而不是发起设备。

3.5.3 NFC 技术标准

随着短距离无线数据业务迅速膨胀, NFC 于 2004 年 4 月被批准为国际标准。 NFC 技术符合 ECMA 340 与 ETSI TS102 190 V1.1.1 以及 ISO/IEC 18092 标准。这些标准详细规定了物理层和数据链路层的组成,具体包括 NFC 设备的工作模式、传输速度、调制方案、编码等,以及主动与被动 NFC 模式初始化过程中,数据冲突控制机制所需的初始化方案和条件。此外,这些标准还定义了传输协议,其中包括协议启动和数据交换方法等。

标准规定 NFC 技术支持三种不同的应用模式:(1)卡模式(如同 FeliCa 和 ISO 14443A/MIFARE 卡的通信);(2)读写模式(对 FeliCa 或 ISO 14443A 卡的读写);(3)NFC 模式(NFC 芯片间的通信)。

标准规定了 NFC 的工作频率是 13.56MHz,数据传输速度可以选择 106kb/s、212kb/s 或者 424kb/s,在连接 NFC 后还可切换其他高速通信方式。传输速度取决于工作距离,工

作距离最远可为 20cm,在大多数应用中,实际工作距离不会超过 10cm。

标准中对于 NFC 高速传输(大于 424kb/s)的调制目前还没有做出具体的规定,在低速传输时都采用 ASK 调制,但对于不同的传输速率,具体的调制参数是不同的。

标准规定了 NFC 编码技术包括信源编码和纠错编码两部分。不同的应用模式对应的信源编码的规则也不一样。对于模式 1,信源编码的规则类似于密勒(Miller)码。具体的编码规则包括起始位、“1”、“0”、结束位和空位。对于模式 2 和模式 3,起始位、结束位以及空位的编码与模式 1 相同,只是“0”和“1”采用曼彻斯特(Manchester)码进行编码,或者可以采用反向的曼彻斯特码表示。纠错编码采用循环冗余校验法。所有的传输比特,包括数据比特、校验比特、起始比特、结束比特以及循环冗余校验比特都要参加循环冗余校验。由于编码是按字节进行的,因此总的编码比特数应该是 8 的倍数。

为了防止干扰正在工作的其他 NFC 设备(包括工作在此频段的其他电子设备),NFC 标准规定任何 NFC 设备在呼叫前都要进行系统初始化以检测周围的射频场。当周围 NFC 频段的射频场小于规定的门限值(0.1875A/m)时,该 NFC 设备才能呼叫。如果在 NFC 射频场范围内有两台以上 NFC 设备同时开机,需要采用单用户检测来保证 NFC 设备点对点通信的正常进行,单用户识别主要是通过检测 NFC 设备识别码或信号时隙完成的。

3.5.4 NFC 技术特点

技术的发展在于用户的需求,NFC 和其他短距离通信技术一样都是满足用户一定的需求。其他短距离通信技术如 WiFi、UWB、Bluetooth 等在某个领域都得到了相应的应用,WiFi 提供一种接入互联网的标准,可以看作是互联网的无线延伸。UWB 应用在家庭娱乐短距离的通信传输,直接传输宽带视频数据流。蓝牙主要应用于短距离的电子设备的直接的组网或点对点信息传输,如耳机、计算机、手机等。NFC 技术是将 RFID 技术和互联网技术相融合,以满足用户包括移动支付与交易、对等式通信及移动中信息访问在内的多种应用。

与其他近距离通信技术相比,NFC 具有鲜明的特点,主要体现在以下几个方面。

(1) 距离近、能耗低。NFC 是一种能够提供安全、快捷通信的无线连接技术,但由于 NFC 采取了独特的信号衰减技术,其他通信技术的传输范围可以达到几米,甚至百米,通信距离不超过 20cm;由于其传输距离较近,能耗相对较低。

(2) NFC 更具安全性。NFC 是一种近距离连接技术,提供各种设备间距离较近的通信。与其他连接方式相比,NFC 是一种私密通信方式,加上其距离近、射频范围小的特点,其通信更加安全。

(3) NFC 与现有非接触智能卡技术兼容。NFC 标准目前已经成为得到越来越多主要厂商支持的正式标准,很多非接触智能卡都能够与 NFC 技术相兼容。

(4) 传输速率较低。NFC 标准规定了数据传输速率具备三种传输速率,最高的仅为 424kb/s,传输速率相对较低,不适合诸如音视频流等需要较高带宽的应用。

NFC 作为一种新兴的技术,它的目标并非是完全取代蓝牙、WiFi 等其他无线技术,而是在不同的场合、不同的领域起到相互补充的作用。NFC 作为一种面向消费者的交易机制,比其他通信更可靠而且简单得多。NFC 面向近距离交易,适用于交换财务信息或敏感的个人信息等重要数据;但是其他通信方式能够弥补 NFC 通信距离不足的缺点,适用于较长距离数据通信,比如快捷轻型的 NFC 协议可以用于引导两台设备之间的蓝牙配对过程,

促进蓝牙的使用。因此,NFC 与其他通信方式互为补充,共同存在。

表 3.4 给出了 NFC 与传统近距离无线通信技术的比较。可见,和传统的近距通信相比,近场通信(NFC)具有天然的安全性,以及连接建立的快速性。

表 3.4 NFC 与传统近距离通信技术比较

	NFC	蓝 牙	红 外
网络类型	点对点	单点对多点(WPAN)	点对点
频率	13.56MHz	2.4~2.5GHz	红外波段
使用距离	<0.2m	~10m ~1m(低能耗模式)	≤1m
速度	106kb/s,212kb/s,424kb/s 规划速率可达 1Mb/s 左右	2.1Mb/s 约 1.0Mb/s(低能耗模式)	约 1.0Mb/s
建立时间	<0.1s	6s 1s(低能耗模式)	0.5s
安全性	具备,硬件实现	具备,软件实现	不具备,使用 IRFM 时除外
通信模式	主动-主动/被动	主动-主动	主动-主动
RFID 兼容	ISO 18000-3	active	active
标准化机构	ISO/IEC	Bluetooth SIG	IrDA
网络标准	ISO 13157 etc.	IEEE 802.15.1	IrDA1.1
加密	not with RFID	available	available
成本	低	中	低

3.5.5 NFC 技术应用

NFC 采用了双向的识别和连接,NFC 手机具有三种应用模式:NFC 手机作为识读设备(读写器)、NFC 手机作为被读设备(卡模拟)、NFC 手机之间的点对点通信应用。

(1) 读卡器模式(Reader/writer mode)

在读卡器模式中,具备识读功能的 NFC 手机从 TAG 中采集数据,然后根据应用的要求进行处理,如图 3.10 所示。有些应用可以直接在本地完成,而有些应用则需要通过与网络交互才能完成。基于该模型的典型应用有门禁控制或车票、电影院门票售卖等,使用者只需携带储存有票证或门控代码的设备靠近读取设备即可。它还能作为简单的数据获取应用,比如公交车站站点信息、公园地图信息等。

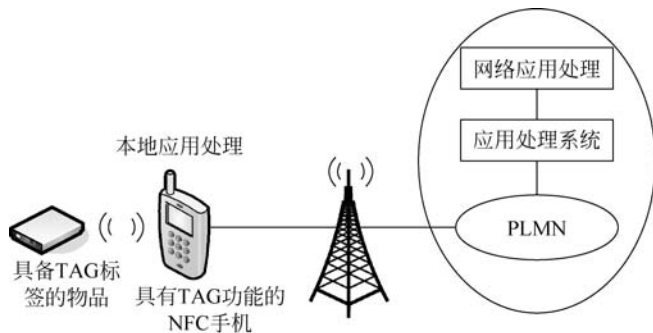


图 3.10 移动设备作为识读设备

(2) 卡模式(Card emulation)

作为被读设备,NFC 在该应用模式中,NFC 识读设备从具备 TAG 能力的 NFC 手机中采集数据,然后将数据送到应用处理系统进行处理,如图 3.11 所示。基于该模式的典型应用有本地支付、电子票应用等。此种方式下,有一个极大的优点,那就是卡片通过非接触读卡器的 RF 区域来供电,即便是寄主设备(如手机)没电也可以工作。

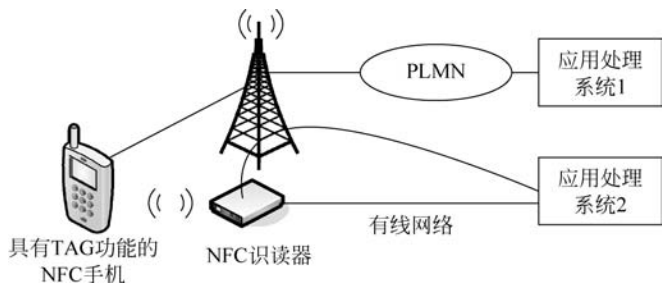


图 3.11 移动设备作为被读设备

(3) 点对点模式(P2P mode)

与红外线传输类似,可用于数据交换,只是传输距离比较短,传输创建速度快很多,传输速度也快些,功耗低。将两个具备 NFC 功能的设备链接,能实现数据点对点传输,如建立蓝牙连接、交换手机名片。因此通过 NFC,多个设备如数字相机、PDA、计算机、手机之间都可以交换资料或者服务,如图 3.12 所示。

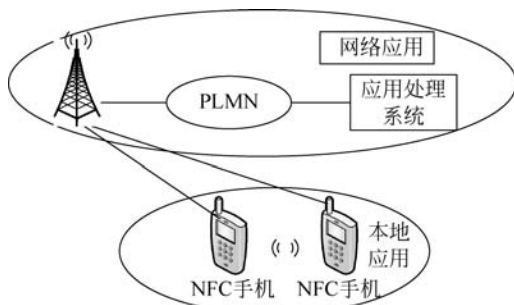


图 3.12 点对点通信应用

从应用范围上看,NFC 技术应用可以分为四种基本类型。

(1) NFC 用于智能媒体

对于配备 NFC 的电话,利用其读写器功能,用户只需接触智能媒体即可获取丰富的信息或下载相关内容。此智能媒体带有一个成本很低的 RFID(嵌入或附加在海报中)标签,可以通过移动电话读取,借此发现当前环境下丰富多样的服务项目。并且手机可以启动移动网络服务请求,并立即按比例增加运营商的网络流量。运营商可以投资这个“即时满足”工具,通过铃声下载、移动游戏和其他收费的增值服务来增加收入。

(2) NFC 用于付款和购票等

最早在移动电话上使用非接触式智能卡,只是将卡粘到电话中。也并未通过非接触式卡提供任何增值服务,而且也不利用移动电话的功能或移动电话网络。之后经过改进,虽将

非接触式智能卡集成到电话中,但仍然是基于传统智能卡部署的封闭系统。我们现在正见证向 NFC 电话发展的趋势,这种电话充分利用移动电话功能和移动电话网络,还提供卡读写器和设备对设备连接功能。

使用非接触式智能卡的支付方式在美国和亚太地区发展势头良好。Visa、MasterCard 和美国运通等信用卡的内置支付程序可以安全地存储在设备上的安全 IC 内。这样,NFC 电话就可以充分利用现有的支付基础架构,并能够支持移动电话公司的新服务项目。

(3) NFC 用于电子票证

电子票证是以电子方式存储的访问权限,消费者可以购买此权限以获得娱乐场所的入场权。整个电子票证购买过程只需几秒钟,对消费者而言非常简单便捷。在收集并确认了消费者的支付信息后,电子票证将自动传输到消费者的移动电话或安全芯片中。

用户将移动电话靠近自动售票终端,即开始交易。用户与服务设备充分交互,然后在移动电话上确认交易,完成购买过程。到娱乐场所时,用户只需将自己的移动电话靠近安装在入口转栅上的阅读器即可,阅读器在检查了票证的有效性后允许进入。

(4) NFC 用于连接和作为无线启动设备

消费者希望无线连接简单便捷,但对消费者承诺的便利性和移动性却仍未兑现。虽然使用方便已成为消费者优先选择的主要动因,但安全性能也是一种必要的因素。

3.6 本章小结

本章首先概述了现代无线与移动通信系统的发展历程,介绍了射频通信的信号传输方式与使用频段,并对微波通信的系统组成及其特点进行了简要分析。接下来,本章对无线通信、物联网等领域的关注热点——近距离无线通信技术进行了详细介绍,对现有的主要近距离无线通信技术,如蓝牙、802.11(WiFi)、ZigBee、红外(IrDA)、超宽频(UWB)、近场通信(NFC)等进行了简要概述并分析比较了各自的特点。需要指出的是,上述近距离无线通信技术都有其立足的特点,或基于传输速度、距离、耗电量的特殊要求;或着眼于功能的扩充性;或符合某些单一应用的特别要求,或建立竞争技术的差异化等。它们互为补充,共同存在,但是没有一种技术可以完美到足以满足所有的要求。最后,对近场通信(NFC)技术进行了重点分析和阐述,包括其发展历程、工作原理、技术标准、技术特点、应用范围等。

在当今的近距离无线通信领域,每种技术都各有优势,如 UWB 具备高传输速率,蓝牙拥有 QoS,ZigBee 适合应用在感测与控制场合,NFC 则在手机支付、电子商务等领域有广阔的天地。因此它们之间的融合发展将是今后的趋势所在。例如蓝牙技术联盟已宣布,将在新一代蓝牙技术中融合 UWB 技术,从而解决目前蓝牙传输慢、应用范围窄等技术和市场瓶颈。同时,UWB 通过与蓝牙联手,可以与目前全球数以亿计的蓝牙产品直接对接,摆脱了技术和市场发展过程中“后来者”的身份。又如 NFC 与蓝牙的结合,引导两台设备之间的蓝牙配对过程,从而促进蓝牙技术的使用。这一点在 Bluetooth 2.1+EDR 版本的蓝牙技术中已得到体现。

思考与练习

1. 简述无线通信系统发展的各个阶段及其特点。
2. 如何理解微波通信的直线传播特性？
3. 简述射频信号两种传输方式的工作原理与应用场景。
4. 如何理解近距离无线通信技术的特征以及与物联网之间的关系？
5. 比较各种近距离无线通信技术的特点以及应用场景。
6. 如何理解 IrDA 的主要优点是无须申请频率的使用权？为什么 IrDA 只能视距传输而蓝牙等近距离通信技术可以非视距传输？
7. 选取 WiFi、IrDA、ZigBee、UWB、WiGig 等近距离无线通信技术中的一项，就其原理、技术特征、应用实例以及发展方向展开调研综述。