

WLAN技术背景知识

如今人们所处的信息时代,海量的移动终端、可穿戴的智能终端时时刻刻都在进行信息的交互。很难想象突然有一天,当世界不再拥有无线通信技术会给人们的日常生活带来多大的麻烦。无线局域网(wireless local area network,WLAN)技术则是无线通信技术当中非常重要的一种。通过学习本章内容可以初步了解 WLAN 技术。

1.1 课程目标

- (1) 了解 WLAN 技术的基础概念及发展历程。
- (2) 了解 WLAN 网络的优点及适用场景。
- (3) 了解 WLAN 面临的挑战及未来的发展趋势。

1.2 初识 WLAN

WLAN 是一种利用电磁波传递信息实现在中短距离范围内通信的技术;在点与点之间不借助有线网络介质,而是通过空气中的电磁振动进行传播。实现更加快捷和优秀的移动性网络结构。

1.3 同为电磁振动的无线技术

IrDA(infrared data association)是一种利用红外线进行点到点通信的技术,优点是体积小、成本低、传输速率可达 4 Mbps。超过 95%的手提电脑安装了 IrDA 接口。市场上还推出了可以通过 USB 接口与 PC 相连的 USB-IrDA 设备。IrDA 是一种视距传输技术,通信设备之间不能有阻挡物,不适合用于多点通信。另外,IrDA 设备的核心部件——红外线 LED 是一种非耐用器件。

bluetooth(蓝牙)技术是一种用于数字化设备之间的低成本、近距离传输的无线通信连接技术,其程序写在微型芯片上,可以方便地嵌入设备中。bluetooth 技术工作在 2.4 GHz 频段上,采用跳频技术,理想连接范围为 10 cm~10 m,带宽为 1 Mbps,采用时分双工传输方案实现全双工传输。

3G(the 3rd generation)第三代移动通信技术是指支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术。3G 服务能够同时传送声音(通话)及数据信息(电子邮件、即时通信等),代表特征是提供高速数据业务。现主要的 3G 有 WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA,速率可达 10 Mbps。3G 频段的分配主要在 2 GHz 附近,具体为 1880~2145 MHz。

LTE(long term evolution)长期演进技术是 3G 标准的长期演进,工作频段包含全球主流

的 3G 频段和部分新增频段,且支持与 3G 系统互操作。工作制式分两种: FDD-LTE 和 TDD-LTE,即频分双工 LTE 和时分双工 LTE,速率可达 100 Mbps。

NFC 是一种近场的无线通信技术,最大工作距离为 20 m,工作在 13.56 MHz 频率。

UWB 主要应用于 10 m 以上的远距离高速通信,工作在 3.1~10.6 GHz 频率。

802.11 b/a/g/n/ac/ax 是现在主流的 802.11 协议标准,以其覆盖距离广、传输速率高的特点,成为市面上主要的 WLAN 技术,也是本书介绍的重点。工作频率为 2.4 GHz 或 5 GHz,支持的最大速率分别为 11 Mbps、54 Mbps、300 Mbps,802.11 ax 最高达 9.6 Gbps。

1.4 WLAN 与 Wi-Fi 概念

WLAN——依托电磁波特性及 802.11 工作组的协议标准,是一种无线通信的技术规范。

Wi-Fi——该单词本身没有实际的含义,最早是无线设备商的商业联盟,目的在于达到各厂生产的无线设备互通有无,不存在技术壁垒。而现在逐渐成为一个无线设备产品是否可以在市面流通的认证机构。

1.5 802.11 协议的发展历程

如图 1-1 所示为 802.11 协议的发展进程。

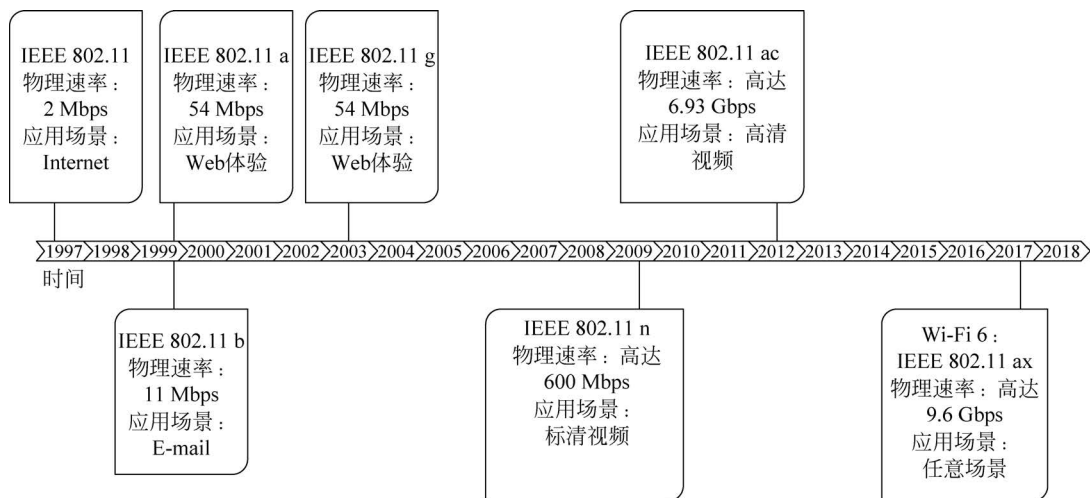


图 1-1 802.11 协议的发展进程

早在 20 世纪 80 年代中期,一些公司已经开始推出 WLAN 的雏形产品,随着 WLAN 技术的不断发展和国际标准的成熟,美国电气与电子工程师学会(Institute of Electrical and Electronics Engineers,IEEE)在 1997 年发布了第一个 WLAN 的 802.11 国际标准 IEEE 802.11,并在后续的几年中在 802.11 标准基础上相继衍生出包括 802.11 b(2.4 GHz)、802.11 a(5 GHz)、802.11 g(2.4 GHz)、802.11 n(2.4 GHz 和 5 GHz)在内的多种 WLAN 物理层技术。

随着时间的推移,基于 802.11、802.11 b、802.11 a、802.11 g 技术的产品已经逐渐退出市场,被速率超过百兆的 802.11 n 替代。目前在市场上,802.11 n/802.11 ac 的产品占据了市场的主流,几乎成为所有智能手机、平板、笔记本的标配。目前 IEEE 定义了速率更高的 802.11 ax 标准,新的标准可以支持高达 9.6 Gbps 的物理层发送速率,完美地支持高带宽需求。可以预

见,在较长一段时间内,802.11 n、802.11 ac、802.11 ax 会是主流的 Wi-Fi 协议标准。现在新出厂的旗舰手机、主流笔记本都已经预装了 802.11 ax 模块。

1.6 无线让网络使用更自由

1. 和传统的有线接入方式相比无线局域网让网络使用更自由

凡是自由空间均可连接网络,不受限于线缆和端口位置,如图 1-2 所示。

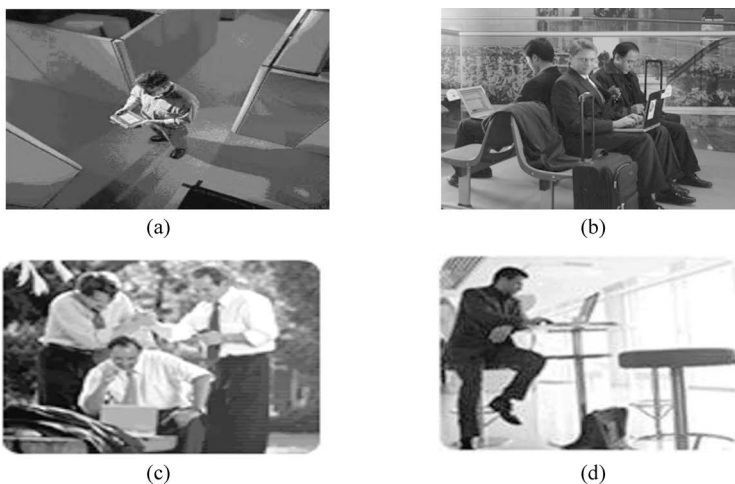


图 1-2 无线让网络使用更自由

(1) 无线局域网彻底摆脱了线缆和端口位置的束缚,用户不再为四处寻找有线端口和网线而苦恼,接入网络如喝咖啡般轻松和惬意。

(2) 无线局域网使网络应用产品具有便于携带、易于移动的优点,无论是在办公大楼、机场候机大厅、商务酒店,用户都可以随时随地自由接入网络办公、娱乐。

2. 无线让网络建设更经济

如图 1-3 所示,终端与交换设备之间省去布线,有效降低布线成本。

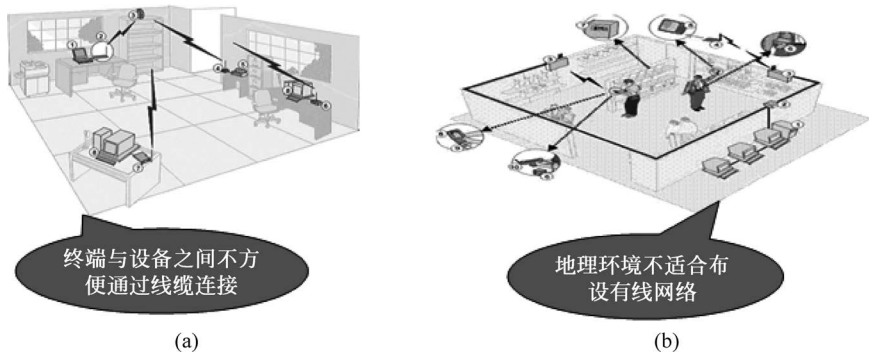


图 1-3 无线让网络建设更经济

适用于特殊地理环境下的网络架设,如隧道、港口码头、高速公路。

一般在网络建设中,施工周期最长、对周边环境影响最大的是网络布线的工作。在施工时,往往需要破墙掘地、穿线架管。而 WLAN 最大的优势就是免去或减少了这部分繁杂的网络布线的工作量,一般只需要安放一个或多个接入点(access point, AP)设备就可建立覆盖整个建筑或地区的局域网络。另外对于地铁、隧道、港口码头、公路交通监控等难于布线的场所,

WLAN 的应用更是越来越广泛。和有线网络相比,WLAN 的启动和实施相对简单,整个网络建设的成本更加低廉。

3. 无线网络让工作更高效

如图 1-4 所示,不受限于时间和地点的无线网络,满足各行各业对网络应用的需求。

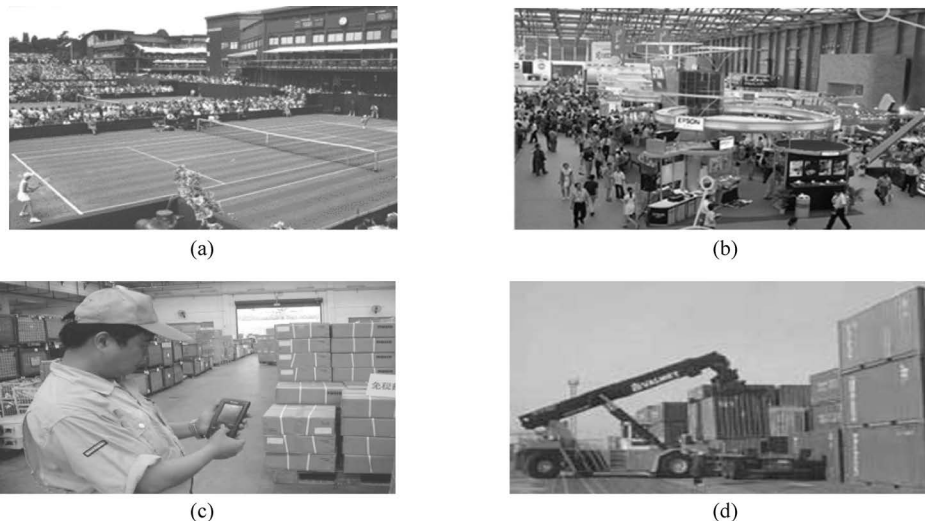


图 1-4 无线网络让工作更高效

越来越多的行业都将 WLAN 视为不可或缺的帮手,进而有效地提高了工作的效率。

例如,在物流行业,员工可以通过手持的无线数据终端进行货物核对;在医疗行业,护士可以在查房时利用无线业务终端来查询病例,记录病人的健康状态及用药情况;在大型的体育场馆,新闻记者可以通过无线网络方便地在各个比赛场地收发信息。

4. 无线还有更多的想象空间

无线的新应用、新价值,如图 1-5 所示。

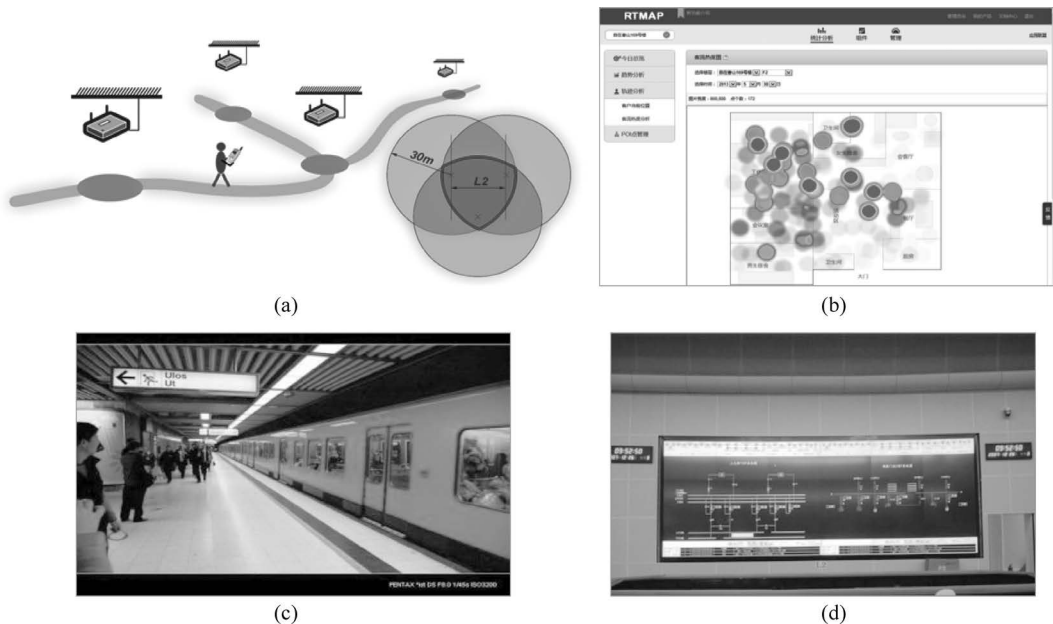


图 1-5 无线还有更多的想象空间

随着 WLAN 技术的普及,通过 WLAN 衍生出的应用也越来越广泛。

例如,室内定位导航,借助无处不在的 Wi-Fi 热点和 AP 硬件设施,再辅以一定的软件服务器投入,就能快速部署一套可以用于对 Wi-Fi 手机和终端定位的无线定位系统。目前的 Wi-Fi 定位有多种技术实现途径,但原理大同小异,即借助 Wi-Fi 信号强度随位置距离增大而减弱的特征来估算位置。H3C CUPID 技术还能通过 802.11 ACK 确认时延,依靠电磁信号的传输 RTT 估算位置距离的专有技术。

在轨道交通行业,可以借助车地 MESH 网络,实现列车和地面站台的实时、高速通信,满足 PIS、CBTC 业务的通信需求。

1.7 WLAN 相关组织与标准

1. IEEE

IEEE 是美国一个较大的科学技术团体,由美国电气工程师协会(AIEE)和美国无线电工程师协会(IRE)合并而成。IEEE 现已逐渐发展成一个国际性的学术机构,其学术活动已伸展到世界各地。IEEE 每年都有大量的出版物,在国际上颇有影响,在电子学文献中占有相当重要的地位。IEEE 自 1997 年以来先后公布 IEEE 802.11、IEEE 802.11 b、IEEE 802.11 a、IEEE 802.11 g 等多个 802.11 协议相关标准。

2. Wi-Fi 联盟

Wi-Fi 联盟是一个成立于 1999 年的非牟利国际协会,其成员超过 70 个,有 3Com、Symbol、Lucent、Cabletron、Aironet、Dell、Intersil 等。该组织旨在认证基于 IEEE 802.11 规格的无线局域网产品的互操作性和推动无线新标准的制定,以确保不同厂家的 WLAN 产品的互通性,经过 Wi-Fi 认证的产品表明其具备基本的互通性(如无线连接、加密、漫游等)。Wi-Fi 联盟也不断提出相关 802.11 的协议标准,如 802.11 i(安全)子集 WPA、802.11 e(QoS)子集 WMM 等。

3. IETF

因特网工程任务组(the internet engineering task force,IETF),是一个松散的、自律的、志愿的民间学术组织,成立于 1985 年年底,其主要任务是负责因特网相关技术规范的研发和制定。IETF 是一个由为因特网技术工程及发展做出贡献的专家自发参与和管理的国际民间机构。它汇集了与因特网架构演化和因特网稳定运作等业务相关的网络设计者、运营者和研究人员,并向所有对该行业感兴趣的人士开放。IETF 体系结构分为三类,第一个是因特网架构委员会(IAB),第二个是因特网工程指导委员会(IESG),第三个是在 8 个领域里面的工作组(working group)。标准制定工作具体由工作组承担,工作组分成 8 个领域,包括因特网路由、传输、应用领域等。

4. CAPWAP

CAPWAP(control and provisioning of wireless access points)是 IETF 中目前有关无线控制器和 FIT AP 间的控制和管理标准化的工作组,简称标准组。其目的是制定无线控制器和 FIT AP 之间的管理和控制协议,用户购买的无线控制器和 FIT AP 只要遵从 CAPWAP 定义的标准,那么无线控制器和 FIT AP 可以由不同厂商制造。不过由于标准组没有定义无线控制器之间的控制管理协议,因此,目前不同厂商的无线控制器之间还无法互通。

5. WAPI 联盟

WAPI 联盟旨在制定并推广我国无线网络产品国标中的安全机制标准 WAPI,其包括无线局域网鉴别基础结构(WAI)和无线局域网保密基础结构(WPI)两部分。其中,核心技术由西安

捷通通讯科技有限公司掌握,由于其加密算法未公开,因此,只能购买指定公司的加密芯片。

1.8 WLAN 面临的挑战与问题

IEEE 802.11 标准的 WLAN 技术在广泛使用的同时,也面临着一些问题与挑战,例如,干扰、高密场景、电磁辐射、数据安全性等。

- (1) 干扰: 工作在相同频段的其他设备会对 WLAN 设备的正常工作产生影响。
- (2) 高密场景: 在无线终端密集场景下,如何保证传输效率,对无线体验至关重要。
- (3) 电磁辐射: 无线设备的发射功率应满足安全标准,以减少对人体的伤害。
- (4) 数据安全性: 在无线网络中,数据在空中传输,因此,安全性显得尤为重要。

1.8.1 干扰

- (1) 同一区域内 WLAN 设备之间的互相干扰。
- (2) 其他工业设备的干扰,如: 微波炉、蓝牙、无绳电话、邻频的 3G/4G/5G 系统。

WLAN 的重要挑战之一就是无线信号的干扰。

802.11 b/g 工作在非授权的 2.4 GHz ISM 频段,因为不存在授权的控制和保护,所以发生干扰的可能性比较大。除同一区域内工作在相同频段的 WLAN 设备直接的干扰外,常见的 2.4 GHz 工业设备还有微波炉、蓝牙、无绳电话、双向寻呼系统等,甚至室内广泛分布的 4G/LTE 天线、无线监控摄像头也可能成为 2.4 GHz WLAN 的致命干扰源。

WLAN 设备在实际的使用中,排除干扰是无线网络问题定位的主要思路之一,更改设备工作信道是解决干扰的手段之一。2.4 GHz 频段可用信道只有 3 个: 1、6、11,在干扰严重的场景下有可能 3 个信道都不太好。在某些干扰无法消除的场景,必须使用支持 5G 的双频 AP 来规避 2.4 GHz 频段的干扰问题。从 Wi-Fi 技术的发展路径看,802.11 ac 仅支持 5G 频段也与 2.4 GHz 干扰严重的现实窘况有关。

1.8.2 高密场景

- (1) 终端高密并发的办公楼、教学楼等。
- (2) 对移动办公要求较高的场景。
- (3) 存在大量流量吞吐需求,对业务时延性要求敏感的场景。

高密场景肯定是目前及未来 WLAN 发展中绕不开的一个话题,如何在无线终端越来越多、越来越普及的当下找到可用的信道资源和无线连接技术显得尤为关键。因为无线本身传输机制的设计(犹如半双工机制)存在一些天然的弊端,那么产品如何取舍、如何做到用户体验的最佳,则需要厂商花精力去细细思考。

1.8.3 电磁辐射

常见的无线设备及其输出功率(电磁辐射)如表 1-1 所示。

表 1-1 电磁辐射

常见的无线设备	输出功率
室内型 WLAN 设备	<100 mW
无线网卡	10 mW~50 mW
手机	>1 W(通话时)
无线对讲机	>5 W

(1) 许多研究已经证明,WLAN 产品可以在家庭及商业中使用,对人体来说是安全的。

(2) 政府有相关的法令对发射功率进行严格地限制,因此,通过政府相关部门认证过的无线设备对人体是无害的。

WLAN 设备的发射功率在现今的移动通信设备中属于较低的一类,同时政府的相关法令对无线设备的发射功率也有着严格的限制。

但在实际的使用中,还是应该遵守有关无线设备使用的一些安全准则。

(1) 天线至少远离人体 20 cm。

(2) 高增益的室外壁挂、塔装天线应由专业人员安装,至少远离人体 30 cm。

(3) 在特殊场所中使用无线设备应遵守该区域的相关安全规定,如机场。

1.8.4 数据安全性

在无线网络中,数据在空中传输,需要充分考虑业务数据的安全性,可以选择的加密方式如下。

(1) 开放式,不加密。

(2) 采用弱加密算法。

(3) 采用强加密算法。

802.11 协议提供了多种安全加密方式,用户可以根据自己不同的业务类型和数据安全要求进行选择。例如,一般运营商提供的无线接入服务都采用开放式、不加密;家庭私人使用的无线接入服务可采用弱加密算法(如 WEP 等);企业的业务数据则需要较高安全级别,应采用强加密算法(如 802.11 i 标准中的 AES 加密)。

1.9 WLAN 协议的发展

(1) Wi-Fi 6E: 拓展使用 6 GHz 频谱,增加 60 个 20 MHz 信道,我国暂未开放此频谱。

(2) Wi-Fi 7: 草案阶段。

如图 1-6 所示,未来的 WLAN 发展在可看见的情况下存在 Wi-Fi 6E 阶段,如果 Wi-Fi 6E

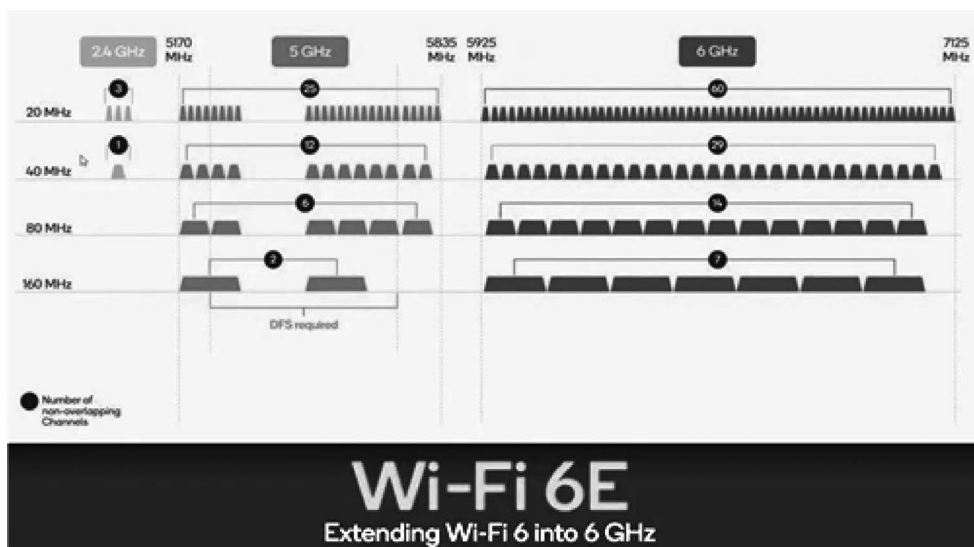
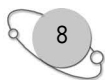


图 1-6 WLAN 协议的发展



的核心改进 6 GHz 频谱的授权使用,则会带来 60 个 20 MHz 的信道,这样会极大地改善现在拥挤的无线信道资源,无论对终端还是无线设备而言都有巨幅提升,但是仍需要看我国国家法规是否允许。

Wi-Fi 7 目前仍处于草案阶段,何时商用还尚未确定。

1.10 小结

本章主要介绍与 WLAN 技术相关的背景知识,如现在主要使用的无线技术、802.11 协议的发展历程、WLAN 相关组织与标准、WLAN 设备在实际使用中遇到的挑战等,以帮助大家能够更好地理解 WLAN 技术及其相关设备的使用。

无线技术基础

WLAN 技术是计算机网络与无线通信技术相结合的产物,其利用电磁波实现了信息的传输,所以要深刻理解并应用 WLAN 技术与理论,并且必须掌握相关的无线技术基础知识。本章内容主要为大家讲解与 WLAN 理论相关的无线技术基础知识,以加深大家对 WLAN 产品相关特性的理解。

2.1 课程目标

- (1) 了解电磁波的相关属性和传播特性。
- (2) 掌握各功率计算单位间的换算关系。
- (3) 了解 WLAN 的调制传输方式。
- (4) 了解射频收发器与天线。

2.2 电磁波

波的基本概念,如图 2-1 所示。

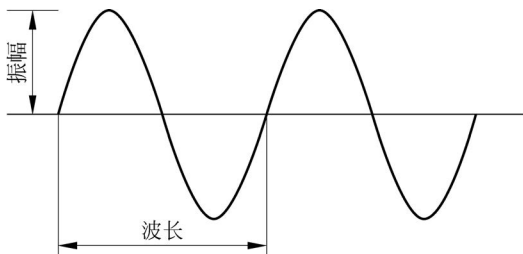


图 2-1 波的基本概念

波是某一物理量的扰动或振动在空间逐点传递时形成的运动。不同形式的波虽然在产生机制、传播方式和与物质的相互作用等方面存在很大差别,但是在传播时却表现出多方面的共性,可以用相同的数学方法描述和处理。

- (1) 波长: 在波的传播方向上振动状态完全相同的相邻两个点之间的距离。
- (2) 振幅: 从零到半周期的最大值之间的距离。
- (3) 频率: 每单位时间内的周期数即时频率,通常表示为每秒周期或 Hz。
- (4) 波速: 单位时间内波传播的距离。

波长 λ 、频率 f 、波速 u 三者的关系为 $u = \lambda f$ 。

波包括机械波和电磁波。机械波是由扰动的传播导致的在物质中动量和能量的传输,如声波、水波等,需要传播介质。而电磁波是电磁场的一种运动形态,它由变化的电磁场在空间

的传播形成,可在真空中传播。

所有电磁波在真空中都以光速进行传播,并且有特定的波长 λ 和频率 f ,故电磁波波长与频率的关系为 $c=\lambda f$,其中, c 等于光速(3×10^8 m/s)。

此外,电磁波还有很多其他属性,如能量、方向、极化、相位等,如图 2-2 所示。

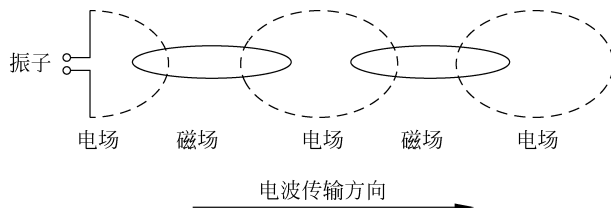


图 2-2 电磁波相关属性

(1) 能量: 电磁波的能量大小由坡印亭矢量(Poynting vector)决定,即 $S=E\times H$,其中, S 为坡印亭矢量, E 为电场强度, H 为磁场强度。

(2) 方向: 天线辐射的电磁波的主要传播方向。

(3) 极化: 电磁波中电场传播的方向。

(4) 相位: 假设天线发射的电磁波就像正弦波一样,不同正弦波的相对时间是非常重要的。例如,同一频率的 2 个正弦波同时到达相同位置,或者 2 个波同相,那么可以形成一个更强大的波;如果 2 个波到达的时间稍有不同,则会形成 1 个复杂的波;如果它们异步到达或异相,则会相互抵消。

如图 2-3 所示,按照波长或频率的顺序将这些电磁波排列起来,则是电磁波频谱。如果将每个波段的频率由低至高依次排列,它们依次是无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X 射线及 γ 射线。以无线电的波长最长, γ 射线的波长最短。

(1) 无线电波——0.3 mm~3000 m。

(2) 红外线——0.3 mm~0.75 μ m。

(3) 可见光——0.4~0.7 μ m。

(4) 紫外线——0.4~10 μ m。

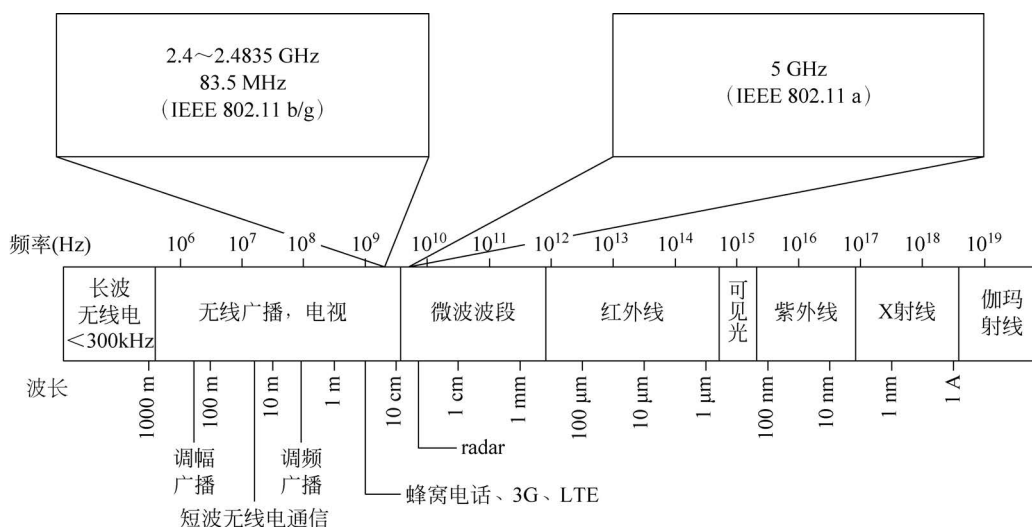


图 2-3 常见电磁波的频率分布