



Wi-Fi基础知识教学PPT

基于《Wi-Fi 7开发参考》，系统讲解Wi-Fi的起源、标准演进及核心技术原理





目录

Wi-Fi基础知识教学

1. Wi-Fi技术概述
2. Wi-Fi发展历史
3. 无线局域网基础
4. ALOHAnet起源
5. ISM频段介绍
6. Wi-Fi标准演进历程
7. 802.11系列标准详解
8. Wi-Fi网络组成
9. Wi-Fi专业术语
10. Wi-Fi基本概念和原理
11. 家庭Wi-Fi网络架构
12. 电磁波频谱
13. 信道概念与划分
14. 物理层技术
15. 调制解调技术
16. OFDM技术
17. MIMO技术
18. 安全机制
19. Wi-Fi 6/7新特性
20. 技术发展趋势



Wi-Fi技术概述

Wi-Fi是全球最主流的无线局域网（WLAN）技术，贯穿生活与工作的每一天。

主要特点

- 📶 基于IEEE 802.11标准系列
- 📡 工作在2.4GHz/5GHz/6GHz频段
- 🌐 传输速率从最初的2Mbps发展到30Gbps+
- 🏠 构建方便灵活的无线局域网



此处插入相关Wi-Fi技术图片或图表

Wi-Fi发展历史

起源于IEEE 802.11标准，短短数十年已历经多次技术迭代。

重要历史里程碑

- 🕒 1997年：首个IEEE 802.11标准，速率2Mbps
- 🕒 1999年：802.11b(11Mbps)和802.11a(54Mbps)
- 🕒 2003年：802.11g(54Mbps)在2.4GHz广泛应用
- 🕒 2009年：802.11n(Wi-Fi 4)，速率提升至600Mbps
- 🕒 2013年：802.11ac(Wi-Fi 5)，速率突破1Gbps
- 🕒 2019年：802.11ax(Wi-Fi 6)，速率达9.6Gbps



Wi-Fi标准演进时间线图

无线局域网 (WLAN) 基础

WLAN利用电磁波进行短距离无线通信，灵活扩展网络覆盖。

无线局域网特点

- 利用射频(RF)技术，通过电磁波传送
- 具有一定的拓扑结构，设备安装灵活
- 受多径效应、信号衰减等环境因素影响
- 是有线网络在无线区域的延伸和补充



此处插入无线局域网拓扑图或多径传播示意图



1971年夏威夷ALOHAnet网络图

1971年夏威夷ALOHAnet，首次实现无线共享媒介通信，对Wi-Fi有里程碑意义。

ISM频段介绍

ISM（工业、科学、医疗）免许可频段，为Wi-Fi提供了2.4GHz、5GHz等技术基础。

ISM频段特点

“ISM” Industrial（工业）、Scientific（科学）、Medical（医疗）的缩写

✔ 免授权频段，使用无需申请许可证

📶 Wi-Fi主要使用2.4GHz、5GHz和6GHz频段

⚠ 频段资源共享，存在潜在干扰问题

主要Wi-Fi频段

频段	频率范围	Wi-Fi标准
2.4GHz	2.4-2.5GHz	802.11b/g/n/ax
5GHz	5.725-5.875GHz	802.11a/n/ac/ax
6GHz	5.925-7.125GHz	802.11ax(Wi-Fi 6E)/be



ISM频段分布示意图

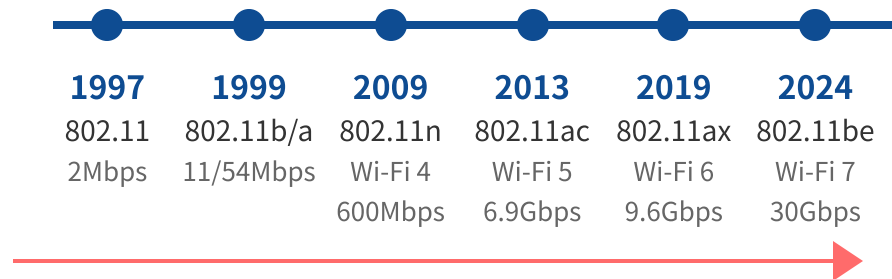
表1-1: ISM频段范围和适用业务

Wi-Fi标准演进历程

1997-2024年，Wi-Fi标准从802.11到Wi-Fi 7，速率与功能不断升级。

标准演进里程碑

- 🕒 1997年：初代802.11标准诞生，速率仅2Mbps
- 📶 1999年：802.11b(11Mbps)与802.11a(54Mbps)出现
- 📡 2009年：802.11n(Wi-Fi 4)引入MIMO技术，600Mbps
- 🌐 2013年：802.11ac(Wi-Fi 5)达到1Gbps+速率
- 📶 2019年：802.11ax(Wi-Fi 6)优化密集场景体验
- 🚀 2024年：802.11be(Wi-Fi 7)理论速率高达30Gbps



速率: 2Mbps

速率: 30Gbps

802.11系列标准详解

各代Wi-Fi标准：频率、速率、技术特点对比，一目了然。

Wi-Fi标准	发布时间	频率	最大速率	关键技术
📶 802.11b	1999年	2.4GHz	11Mbps	DSSS
📶 802.11a	1999年	5GHz	54Mbps	OFDM
📶 802.11g	2003年	2.4GHz	54Mbps	OFDM
📶 802.11n (Wi-Fi 4)	2009年	2.4/5GHz	600Mbps	MIMO, 40MHz带宽
📶 802.11ac (Wi-Fi 5)	2013年	5GHz	6.9Gbps	MU-MIMO, 160MHz带宽
📶 802.11ax (Wi-Fi 6)	2019年	2.4/5/6GHz	9.6Gbps	OFDMA, 1024-QAM

Wi-Fi 4

- ✓ 首次支持MIMO
- ✓ 双频 (2.4/5GHz)
- ✓ 40MHz信道带宽

Wi-Fi 5

- ✓ MU-MIMO技术
- ✓ 波束成形增强
- ✓ 160MHz带宽

Wi-Fi 6

- ✓ OFDMA技术
- ✓ 1024-QAM
- ✓ 三频 (含6GHz)

Wi-Fi 7

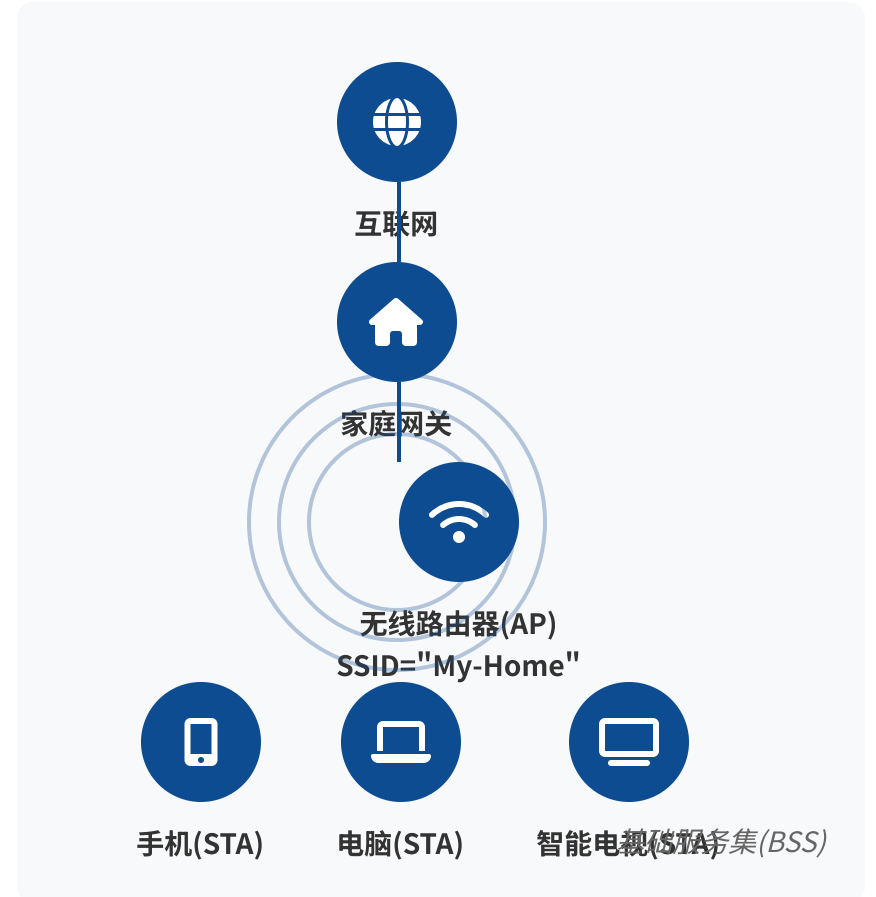
- ✓ 320MHz带宽
- ✓ 4K-QAM
- ✓ 多链路操作

Wi-Fi网络组成

主要构件：家庭网关、无线路由器（AP）、终端（STA）、SSID等。

网络基本组件

- 📶 接入点（AP）：无线路由器，提供Wi-Fi接入服务
- 📱 终端设备（STA）：手机、电脑、智能家居等设备
- 📍 服务集标识符（SSID）：网络名称，如"My-Home"
- 🏠 基础服务集（BSS）：一个AP与多个STA构成的网络
- 🌐 扩展服务集（ESS）：多个BSS连接形成的更大网络



Wi-Fi专业术语

BSS、ESS、DS、Portal等，理解Wi-Fi网络核心结构。

核心术语解释

- 🏠 **BSS(基础服务集)**: 一个AP与多个STA构成的无线局域网
- 🌐 **ESS(扩展服务集)**: 多个相同SSID的BSS组成的大范围网络
- 🌐 **DS(分布式系统)**: 连接多个BSS和局域网的网络系统
- 🌐 **Portal(门户)**: Wi-Fi网络与其他网络的逻辑接口
- 📍 **SSID**: 服务集标识符，最大长度32字节的网络名称



Wi-Fi网络结构示意图

(图1-6 Wi-Fi网络中的专业术语和概念)

Wi-Fi基本概念和原理

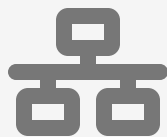
Wi-Fi是无线局域网技术，通过电磁波进行数据传输，在有限覆盖范围内提供高速无线连接。

核心特性

- 📶 无线通信 - 使用电磁波传输数据
- ↔️ 共享媒介 - 设备通过竞争使用同一信道
- 🕒 BSS结构 - AP与多个终端构成基础网络单元
- 🔄 CSMA/CA机制 - 避免数据冲突的核心协议
- 📶 物理层+MAC层 - Wi-Fi技术的两大核心层



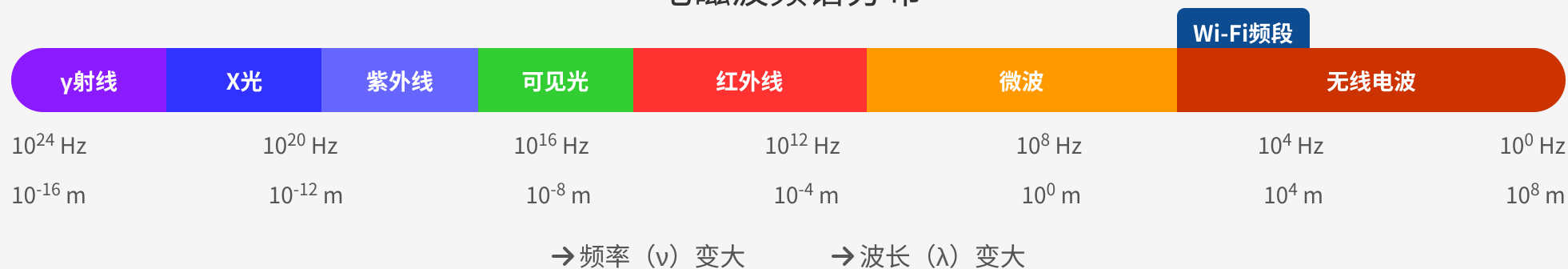
Wi-Fi通信原理示意图
AP与多个终端间的数据通信



典型家庭Wi-Fi网络拓扑结构图

图示展示典型家庭Wi-Fi拓扑：家庭网关连接互联网，无线路由器(AP)作为接入点，多种终端设备(STA)如手机、电脑、智能电视等通过Wi-Fi连接实现无线互联与上网。

电磁波频谱分布



Wi-Fi信号属于微波频段，频谱从可见光至无线电波分布丰富。Wi-Fi常用的2.4GHz和5GHz频段位于微波区域，是日常无线通信的关键频谱资源。

信道概念与划分

同一频段划分为多个信道，AP与终端需在同一信道通信。

信道特性

- 📶 Wi-Fi中的信道类似于"无线公路的车道"
- 📶 2.4GHz频段有14个信道，通常用1、6、11
- 📶 5GHz频段拥有更多不重叠信道资源
- 📶 AP可自动选择干扰最小的信道工作
- 📶 信道在通信协议中平等，无优先级



2.4GHz和5GHz信道划分示意图

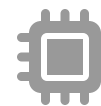
(参考PDF中图1-17至1-21)

物理层技术

从调制方式到信道带宽，Wi-Fi物理层技术奠定了无线通信的核心基础。

核心技术组成

- 📡 调制解调技术：BPSK、QPSK、QAM等
- 📶 OFDM正交频分复用：提高频谱利用率
- 📶 多天线技术：空间分集、波束成形
- 📶 信道带宽：20/40/80/160/320MHz
- 📄 物理层帧格式：不断演进的前导码结构



Wi-Fi物理层技术原理图
(调制方式、OFDM与多径效应示意图)

调制解调技术

调制解调技术是Wi-Fi物理层的核心，决定了如何将数字比特信息转换为电磁波信号进行传输。

主要调制方式

- 📶 BPSK (二相移相键控): 每符号传输1比特
- 📶 QPSK (四相移相键控): 每符号传输2比特
- 📶 16-QAM (16正交幅度调制): 每符号传输4比特
- 📶 64-QAM: 每符号传输6比特
- 📶 256-QAM: 每符号传输8比特, Wi-Fi 5/6引入
- 📶 1024-QAM: 每符号传输10比特, Wi-Fi 7引入

调制等级的影响

- 🌀 调制等级越高, 传输速率越快
- 🛡️ 调制等级越低, 抗干扰能力越强

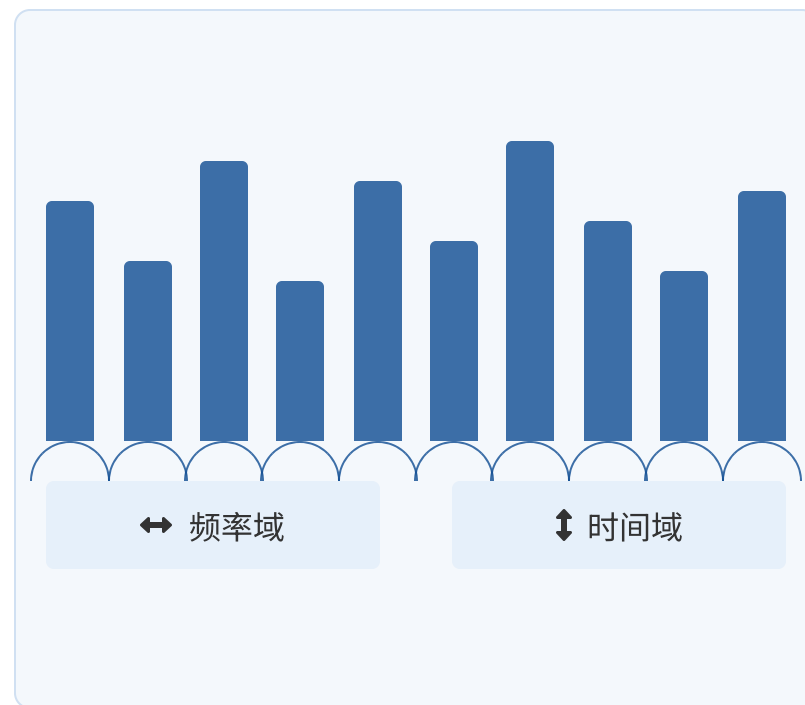


OFDM技术

正交频分复用（OFDM）实现高速、抗多径性能优良的数据传输。

OFDM关键特性

- 将信道分成多个正交子载波并行传输
- 通过保护间隔有效抵抗多径干扰
- 提高频谱利用效率，增大传输速率
- 802.11a/g/n/ac/ax/be均采用OFDM技术
- 使用FFT/IFFT算法实现高效处理



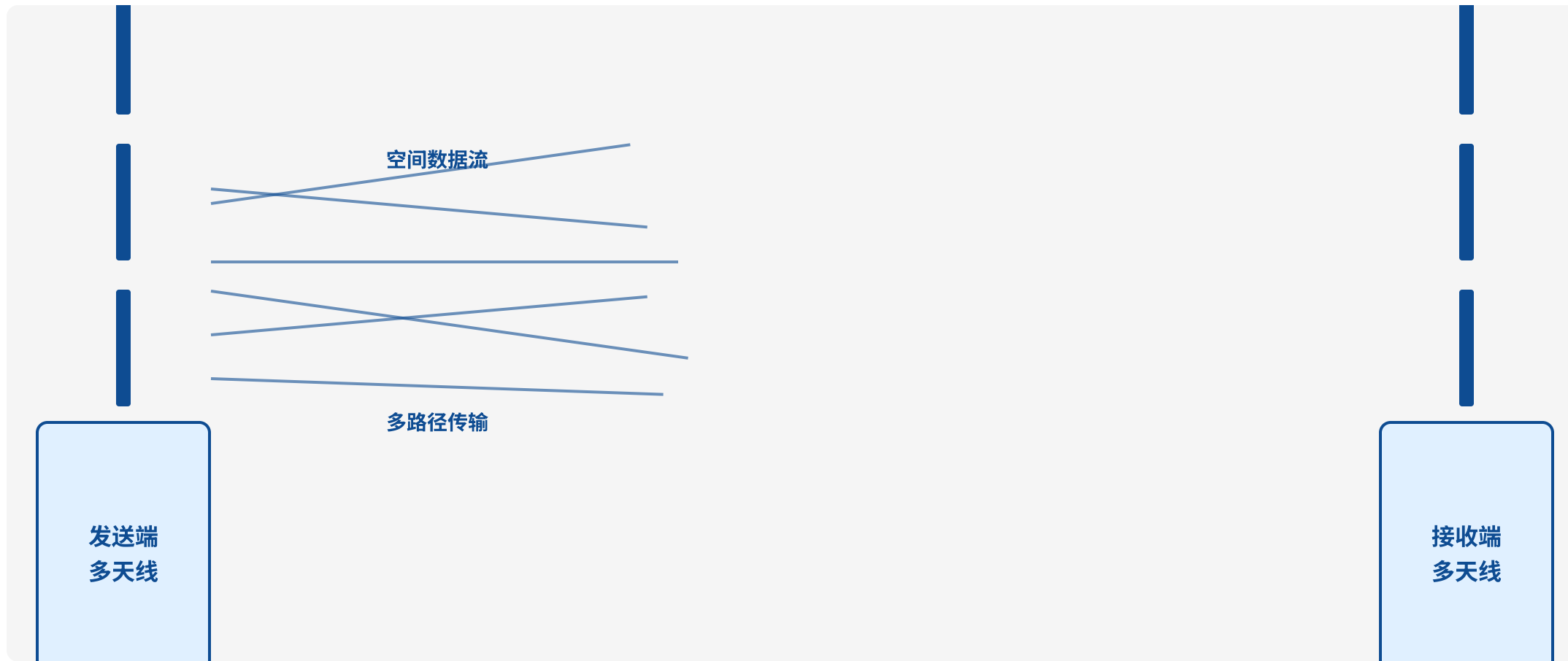
OFDM正交子载波示意图



Wi-Fi信号在室内的多径传播示意图

室内环境下信号多径到达会造成衰减、失真。Wi-Fi信号从同一发送源经墙壁、家具等反射，通过不同路径到达接收端，造成信号叠加和干扰。

MIMO技术



多天线传输——空间复用和空间分集显著提升带宽和抗干扰性。MIMO技术利用多根天线同时发送和接收信号，显著增强传输容量和频谱效率。

波束成形 (Beamforming)

通过精准控制天线相位，将信号能量定向传递，提升覆盖与速率。

波束成形技术特点

- 📶 信号能量定向传输，避免能量浪费
- 📶 显著扩大Wi-Fi覆盖范围
- 🛡️ 降低其他设备的干扰影响
- 🚀 提高信噪比，增加数据传输速率
- ⚙️ 与MIMO技术结合，实现更高效传输



波束成形技术示意图

展示定向信号传输与传统全向传输对比

信道绑定

信道绑定是Wi-Fi标准提高传输速率的重要技术，将多个信道集合为更宽带宽，增加数据传输量。

信道绑定特点

- 🔗 802.11n引入40MHz带宽（绑定两个20MHz信道）
- 🔗 802.11ac支持80MHz和160MHz带宽
- 📈 带宽翻倍，理论上数据传输速率也翻倍
- ⚠️ 更宽带宽意味着可用信道数量减少
- 📶 Wi-Fi 7可支持320MHz超宽带宽



信道绑定示意图

20MHz → 40MHz → 80MHz → 160MHz → 320MHz

MAC层协议简介

MAC层（媒体访问控制层）负责无线介质访问控制：帧格式、接入策略、重传等。

MAC层主要功能

- 🛠️ 控制Wi-Fi设备如何访问共享无线媒介
- ↔️ 定义数据、管理和控制三类帧格式
- 🔗 实现CSMA/CA竞争避免机制
- 🛡️ 处理数据加密和安全认证



MAC层在OSI模型中的位置及帧结构示意图

地址字段、控制字段、数据字段、校验字段

CSMA/CA机制

载波侦听多路访问/冲突避免（CSMA/CA）是Wi-Fi网络中防止数据冲突的核心机制，保障多设备共享无线媒介的有序通信。

CSMA/CA工作流程

- 🔍 侦听无线信道，检测是否空闲
- 🔄 随机退避等待（避免冲突）
- ➡️ 发送RTS（请求发送）包
- ✅ 接收CTS（清除发送）确认
- ↔️ 传输数据，等待ACK确认



CSMA/CA竞争机制示意图

显示设备如何避免冲突并有序访问共享媒介

帧格式

MAC帧结构丰富，包含管理、控制、数据三大类，保障高效通信。

Wi-Fi帧类型

- ⚙️ 管理帧：信标、探测、认证、关联等
- ↔️ 控制帧：RTS、CTS、ACK等
- 📄 数据帧：承载各类上层协议数据
- 🛡️ 保护机制：帧格式兼容性设计



字节数



MAC帧基本格式

帧控制字段详解



2字节帧控制字段结构

省电模式

Wi-Fi设备通过智能休眠节能机制，支持移动终端长时间运行，延长电池寿命。

省电模式工作原理

- 🔌 PS-Poll（省电轮询）机制：终端进入休眠，周期性唤醒
- 🕒 TIM（流量指示图）：AP告知终端是否有待接收数据
- 📶 DTIM（发送TIM）：广播/多播帧的指示周期
- 📺 Listen间隔：决定终端唤醒检查TIM的频率
- ⚖️ 平衡延迟与功耗：间隔越短延迟小但耗电多



安全机制

WEP到WPA3，安全等级逐级提升，守护无线通信。

安全标准	发布时间	加密算法	认证机制	安全级别
🛡️ WEP	1999年	RC4 (64/128位)	共享密钥	低 (已被破解)
🛡️ WPA	2003年	TKIP	PSK/企业级EAP	中
🛡️ WPA2	2004年	AES-CCMP	PSK/企业级802.1X	高
🛡️ WPA3	2018年	AES-GCMP-256	SAE/OWE/企业级加密	最高

WEP

- ✗ 静态密钥易破解
- ✗ RC4算法存在漏洞
- ✗ 密钥管理机制薄弱

WPA

- ✓ 引入动态密钥
- ✓ 支持TKIP协议
- ✗ PSK仍有安全隐患

WPA2

- ✓ 强制使用AES加密
- ✓ CCMP提供完整性保护
- ✓ 广泛应用于企业网络

WPA3

- ✓ SAE防止密码破解
- ✓ 192位加密增强安全
- ✓ 开放网络加密(OWE)

传输速率及影响因子

Wi-Fi传输速率受多种技术因素综合影响，这些因素共同决定了网络的实际性能。

主要影响因素

- 📶 调制方式：BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
- 📡 信道带宽：20MHz、40MHz、80MHz、160MHz
- 📶 空间流数量：MIMO技术提供的数据并行通道
- 🕒 保护间隔：抵抗多径干扰的时间缓冲区
- 🛡️ 编码率：提供错误纠正的冗余信息比例

$$\text{速率} = \text{调制等级} \times \text{编码率} \times \text{子载波数} \times \text{空间流}$$

Wi-Fi传输速率计算公式

- 调制等级：** 每符号携带的比特数（1-10比特）
- 编码率：** 有效数据比例（如3/4、5/6）
- 子载波数：** 与带宽相关（如20MHz带宽为52个）
- 空间流：** MIMO技术提供的并行数据通道数

兼容性设计

新标准兼容旧终端，保护用户历史投资，实现平滑升级。

Wi-Fi兼容性机制

- 🔗 物理层前导码向后兼容设计
- 📄 帧格式能被旧设备识别解析
- 🛡️ 保护机制防止旧设备误识别
- ↔️ 新旧标准设备可在同网络共存
- 🎯 不同版本间的速率和性能协商

802.11 (1997) - 2 Mbps

802.11b (1999) - 11 Mbps

802.11a/g (1999/2003) - 54 Mbps

802.11n (2009) - 600 Mbps

802.11ac (2013) - 3.5 Gbps

802.11ax (2019) - 9.6 Gbps

802.11be (2024) - 30+ Gbps

每代新标准保持与旧标准的兼容性

Wi-Fi 6/7新特性

更快、更稳：OFDMA、密集场景支持、160/320MHz带宽等。

特性	Wi-Fi 6 (802.11ax)	Wi-Fi 7 (802.11be)	提升
🌀 最大理论速率	9.6 Gbps	30 Gbps	3倍+
📡 频段	2.4GHz, 5GHz, 6GHz(6E)	2.4GHz, 5GHz, 6GHz	全频段优化
↔ 最大信道带宽	160 MHz	320 MHz	2倍
📶 调制方式	1024-QAM	4096-QAM (4K-QAM)	20%提升
📦 多链路操作	不支持	支持MLO	全新特性

Wi-Fi 6 关键技术突破

- ✓ OFDMA技术：提升多用户同时传输效率
- ✓ BSS Coloring：降低相邻网络干扰
- ✓ Target Wake Time：提升省电能力
- ✓ MU-MIMO：多用户并发传输技术增强
- ✓ 1024-QAM：更高效的调制方式
- ✓ 密集部署场景优化：高效应对拥挤环境

Wi-Fi 7 创新特性

- ★ 320MHz超宽信道：超高速传输基础 **新增**
- ★ 4K-QAM高阶调制：更高频谱效率 **新增**
- ★ 多链路操作(MLO)：跨频段同时传输 **新增**
- ★ 多RU分配：OFDMA资源更灵活分配 **增强**
- ★ 低延迟应用支持：专为AR/VR/游戏优化 **增强**
- ★ 更强的干扰管理：提升密集环境性能 **增强**



家庭应用

智能家居设备互联、多媒体流媒体、远程办公、在线游戏



企业应用

办公网络、视频会议、无纸化办公、企业内部数据传输



商业场所

商场WiFi、支付系统、客流分析、智能导购



教育机构

校园网络、在线教学、电子图书馆、学生管理系统



医疗场景

医院WiFi、远程诊断、医疗设备互联、病患监控



交通枢纽

机场/车站WiFi、旅客信息系统、票务管理、安全监控

家庭、企业、公共场所的Wi-Fi覆盖，让网络连接无处不在，实现全场景无缝覆盖和智能化互联体验。

技术发展趋势

万物互联、物联网、边缘计算对Wi-Fi技术的新需求持续推动其创新发展。

未来技术趋势

- 🌐 更高传输速率：Wi-Fi 7理论速率可达30Gbps
- 📦 更强网络密度：支持高密度场景下的并发连接
- ⚡ 超低延迟：实时游戏、VR/AR、工业控制
- 🏠 智能家居和智慧城市全场景无缝覆盖
- ☁️ 边缘计算与Wi-Fi协同发展，本地数据处理
- 📶 更广频谱利用：2.4GHz/5GHz/6GHz三频协同



Wi-Fi技术演进与未来趋势图

总结

Wi-Fi技术持续演进，从1997年的初始标准到如今的Wi-Fi 7，赋能智慧生活与数字社会。

关键技术成就

- 📈 传输速率从2Mbps提升至30+Gbps
- ✚ 从单天线到多天线MIMO与波束成形
- 🛡️ 安全机制不断加强，从WEP到WPA3
- 📡 频谱资源利用由20MHz扩展到320MHz
- 👥 从单用户服务到多用户并发技术



Wi-Fi技术演进与未来展望
从2.4GHz到6GHz全频段覆盖
从家庭应用到工业物联网

参考资料

本教学PPT内容主要参考以下资料整理而成：

- 1 《Wi-Fi 7开发参考：技术原理、标准和应用》
- 2 IEEE 802.11系列标准文档
- 3 Wi-Fi联盟（Wi-Fi Alliance）官方技术规范
- 4 《无线局域网技术与应用》
- 5 《Wi-Fi 6技术白皮书》



参考资料涵盖标准文档、技术书籍和行业规范

Q&A

欢迎提问，交流Wi-Fi技术疑惑！

