



物理层：比特流的 传输之道



汇报人：甘芝清 黄慧雯 林银蕊

汇报日期：2025/12/03





目录

CONTENTS



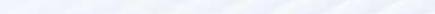
- / 01. 物理层的基本概念
- / 02. 信号换装与极限速率
- / 03. 传输媒体大观园
- / 04. 复用技术组合拳
- / 05. 宽带接入最后一公里
- / 06. 回顾与前瞻





物理层的基本概念

01



物理层的基本概念

物理层是OSI模型中的最底层，负责在物理介质上传输原始的比特流（0和1）。它不关心数据的内容或格式，只关注“如何把比特从一个地方传到另一个地方”的物理问题。物理层通过定义接口的机械、电气、功能和规程特性，为上层（数据链路层）提供一个可靠的比特流传输服务，屏蔽掉底层传输介质和设备的差异。

四大特性

机械特性 指明接口所用接线器的形状和尺寸、引脚数目和排列、固定和锁定装置等。

电气特性 指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。

功能特性 指明某条线上出现的某一电平的电压的意义。

过程特性 指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

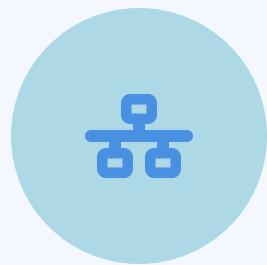
数据通信系统骨架

任何物理层技术，都服务于这个最小闭环



源系统

生成并发送数据
比特流



传输系统

提供物理传
输路径



目的系统

接收并处理数
据

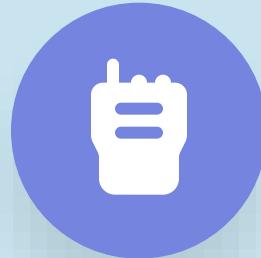
三者协作，完成比特流从生成、传输到送达的 **纵向旅程**，缺一不可。

信息交互的三种时空秩序



单工

单向传输，如广播，一发多收
，简单高效。



半双工

双向交替，如对讲机，分时复
用，节省资源。



全双工

双向同时，如电话，实时交互
，效率最高。

方向性决定 **资源分配策略**，全双工对信道资源诉求最高。



信号换装与极限速率

02

把比特穿上电波外套：编码与调制

编码：守时

将数据转为数字信号，确保时钟同步与抗干扰

。

- 不归零编码: 简单，但同步困难。
- 曼彻斯特编码: 自带时钟，但带宽翻倍。
- 差分曼彻斯特编码: 抗干扰更强。

调制：守宽

将数据加载到模拟载波上，提升频谱利用率。

- 调幅(AM) / 调频(FM): 基础方式。
- 调相(PM): 抗干扰能力优。
- 正交幅度调制(QAM): 高效利用带宽。

信道速率的双顶天花板

理论极限：无论技术如何进步，都无法突破的物理定律。

奈氏准则 (理想)

理想低通信道，无噪声

$$C = 2W \log_2 M$$

给出码元速率极限。

VS

香农公式 (现实)

有噪声信道，信噪比 S/N

$$C = W \log_2(1 + S/N)$$

给出信息容量极限。

工程实践只能在 **两大天花板之间折中**，寻求最佳性能。

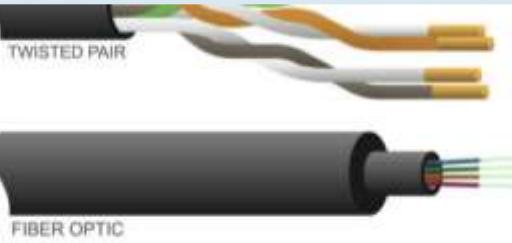


传输媒体大观园

03

有线媒体三剑客：特性速览

双绞线



成本低，易部署，抗干扰一般。
◦

应用: UTP/STP (以太网)

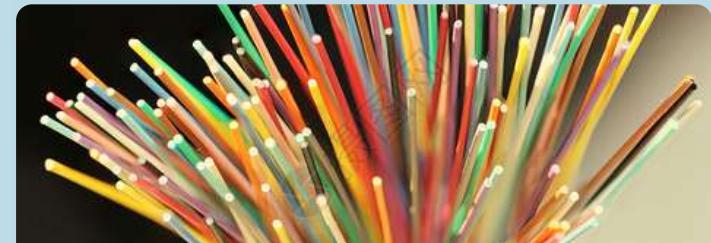
同轴电缆



带宽较高，抗干扰较好，成本适中。

应用: 基带/宽带 (有线电视)

光纤



带宽极高，距离远，抗干扰极强。
◦

应用: 单模/多模 (主干网)

演进趋势：“铜退光进”

无线媒体：四维时空版图

频谱稀缺，依赖复用与编码技术。



卫星通信

覆盖全球，适用于偏远地区，但延迟高。



微波 / 无线电波

4G/5G/Wi-Fi主力，覆盖与容量平衡。



红外线

短距离、高速率，如遥控器、IrDA。

大气与建筑对 **高频信号** 衰减严重。

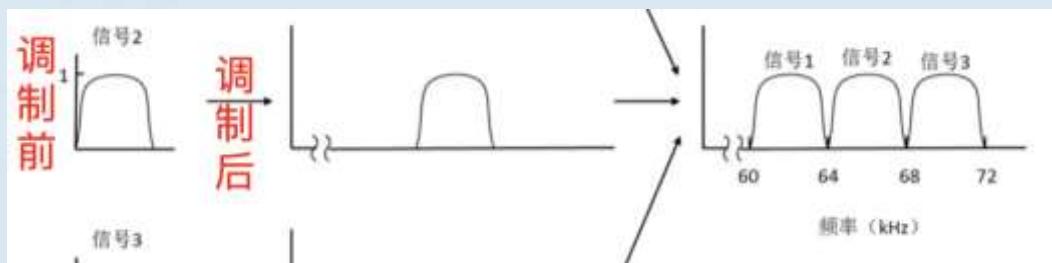


复用技术组合拳

04

经典复用范式：频分 vs. 时分

频分复用 (FDM)



按频率划分信道，如同广播频段。

适用于 模拟信号。

时分复用 (TDM)

11:07:42.234

按时间划分信道，轮流使用。

适用于 数字信号。

让同一媒体跑多路信号，但固定分配可能造成 资源浪费。

高阶复用三连击：从静态到智能



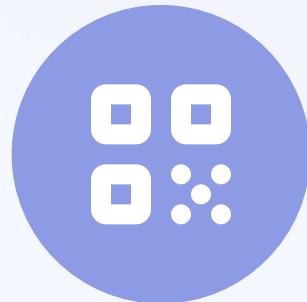
STDM

动态分配时隙，提升
利用率。



WDM

光的FDM，实现Tb级光
纤扩容。



CDM

编码正交，多用户同
频并发。

演进路线：静态 → 动态 → 光电 → 编码



宽带接入最后一公里

05

铜线逆袭：ADSL

非对称数字用户线

利用旧电话线开出高速下行通道，是“铜线最后一舞”。

- ✓ DMT调制: 频分复用，语音数据共存。
- ✓ 非对称设计: 契合Web浏览与视频点播。
- ⚠ 距离衰减: 速率随距离增加而下降。

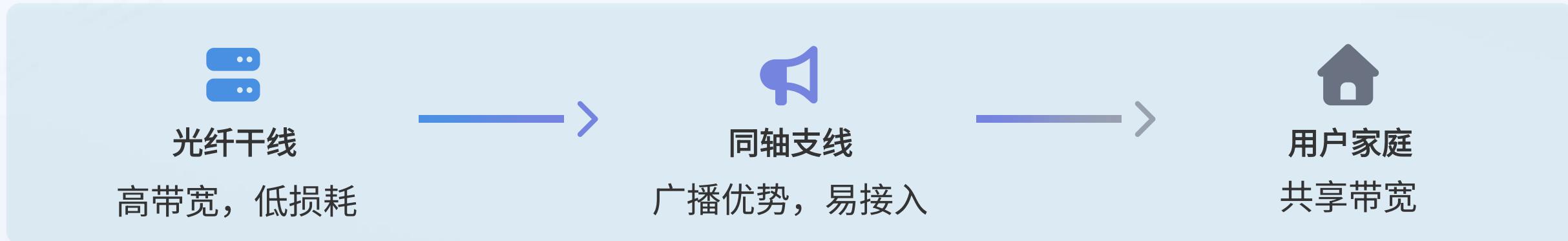
WIRELESS SIGNAL ENHANCEMENT

THE WALL PENETRATION PERFORMANCE IS STRONGER AND
THE TRANSMISSION IS FARTHER!



光电混合：HFC双线作战

混合光纤同轴网，兼顾覆盖与带宽。



下行广播

高效推送，带宽大

上行共享

信道竞争，效率低

FTTx：光纤直达层级



FTTH (光纤到户)

终极独享，带宽最高，投资最大。



FTTC (光纤到路边)

光纤接近用户，最后段用铜线。

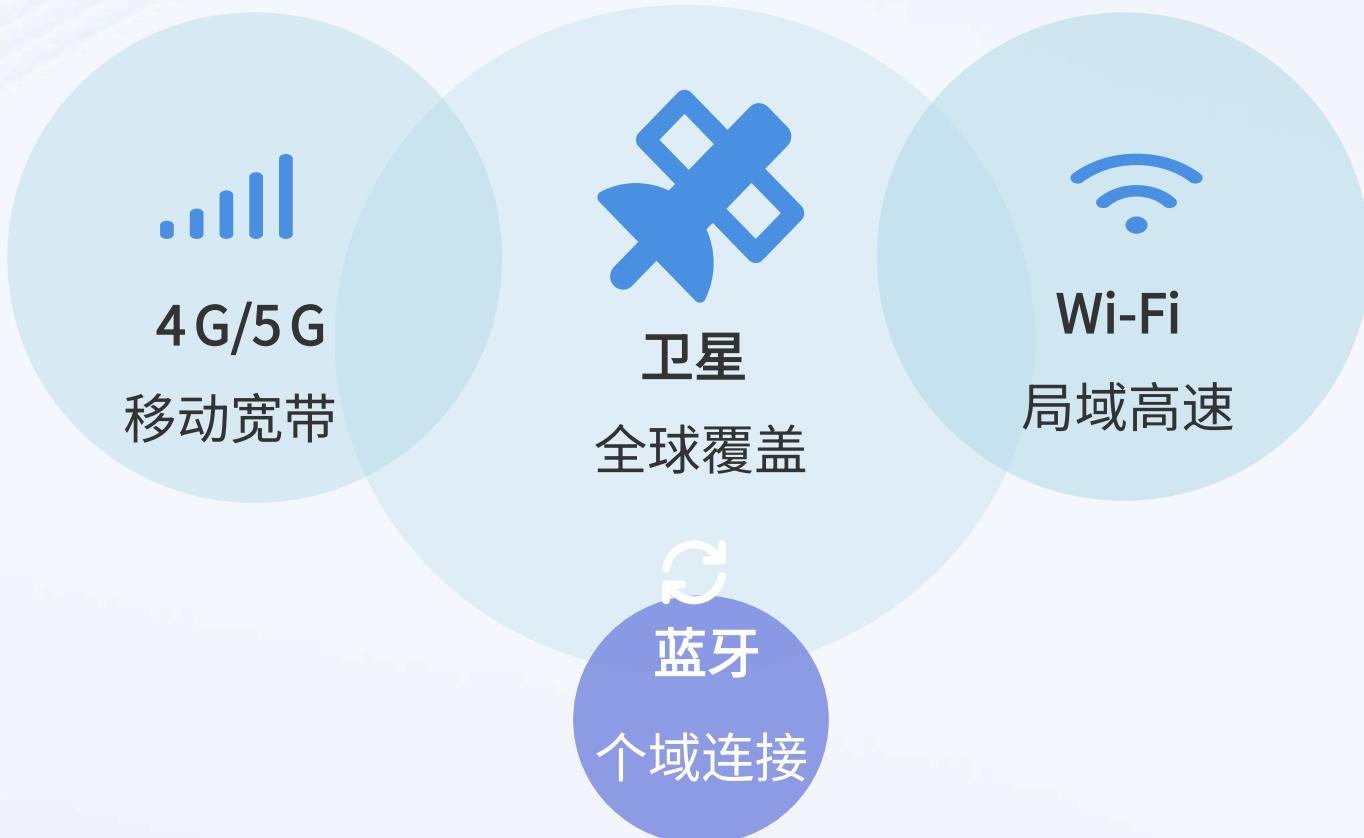


FTTB (光纤到大楼)

覆盖多用户，成本与性能平衡。

演进路线：“光进铜退”

无线接入：自由时空的交响曲



5G毫米波与低轨卫星互补，实现“空天地海”无缝覆盖。



回顾与前瞻

06

物理层知识地图速览

比特流传输

物理层核心使命

通信系统

源系统、传输系统
、目的系统

信号处理

编码、调制、奈氏
、香农

传输媒体

有线(双绞线/光纤)
、无线

复用技术

FDM、TDM、
WDM、CDM

宽带接入

ADSL、HFC、
FTTx、无线

物理层对上层 透明，对下层 适配，是网络协议的基石。



THANK YOU FOR READING!

感谢您的观看

汇报人：甘芝清 黄慧雯 林银蕊

汇报日期：2025/12/03

