



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。

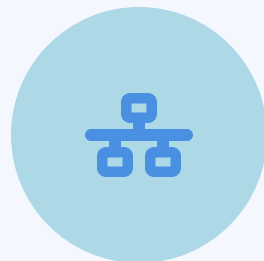
数据通信系统骨架

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

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

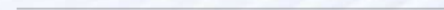
给出信息容量极限。

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。



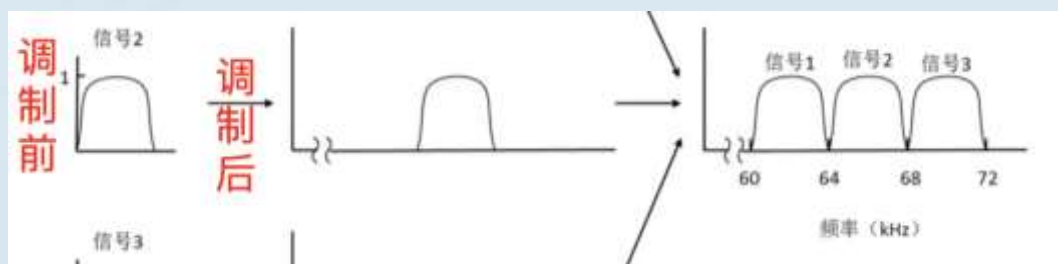
复用技术组合拳

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



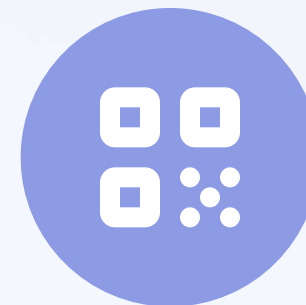
STDM

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。



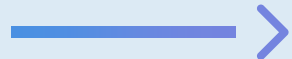
光电混合：HFC双线作战

混合光纤同轴网，兼顾覆盖与带宽。



光纤干线

高带宽，低损耗



同轴支线

广播优势，易接入



用户家庭

共享带宽

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。

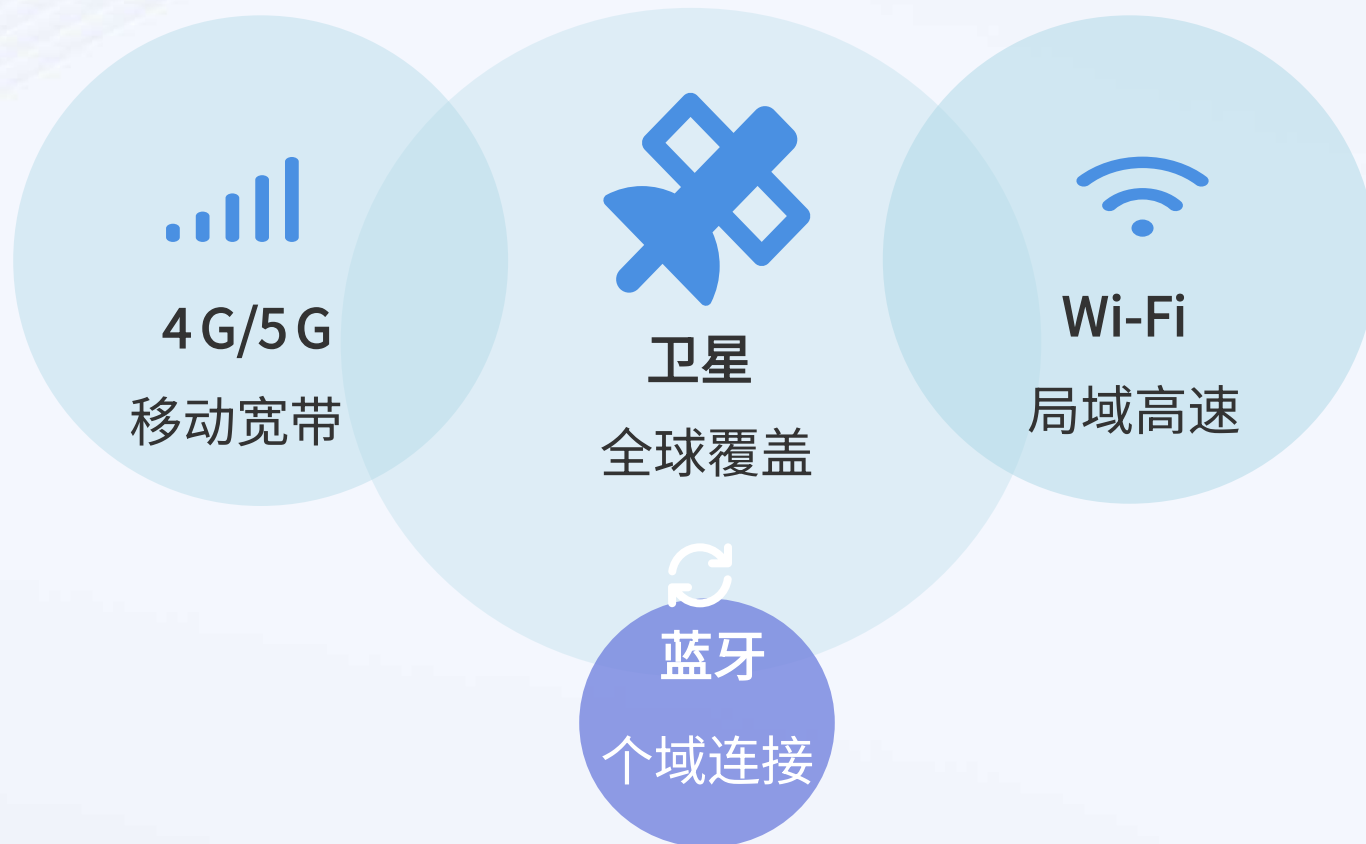


FTTB (光纤到大楼)

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



5 G毫米波与低轨卫星互补，实现“空天地海”无缝覆盖。

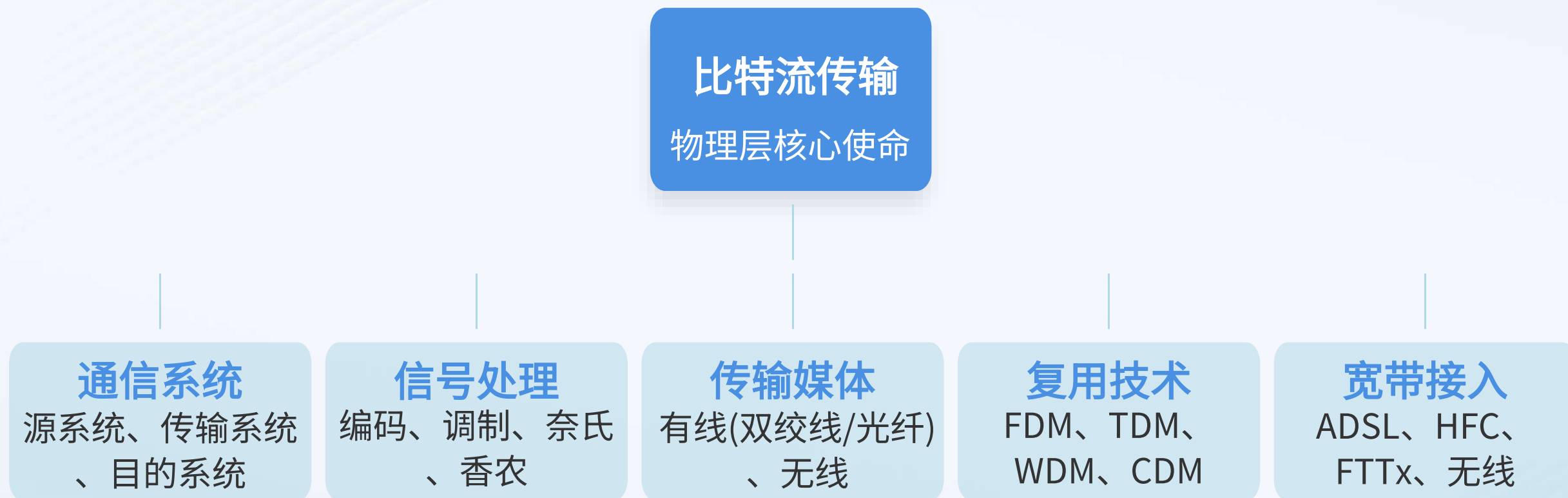


回顾与前瞻

06



物理层知识地图速览



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