

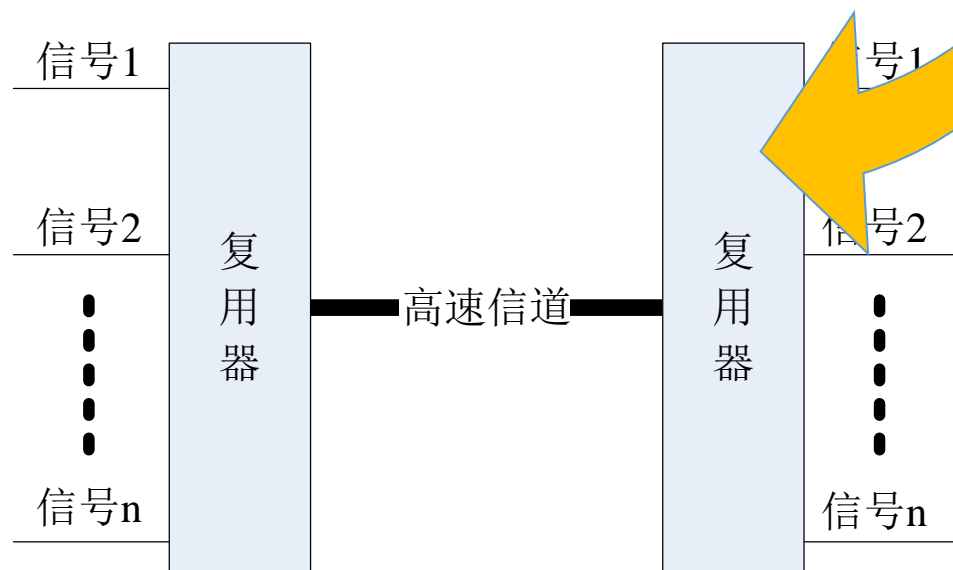
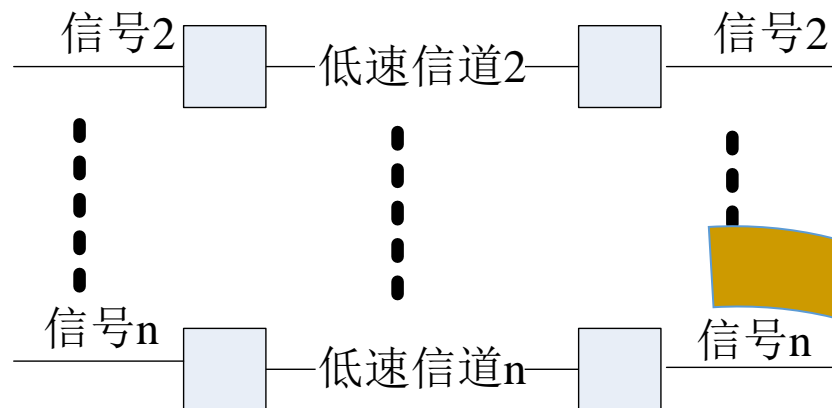
第二章 物理层

复用技术



复用技术

- 各位好！
- 复用技术是让多用户**共享**同一根**信道（干线）**，这符合当前最热的共享经济的精神！
- 所以，复用技术是用在干线上的技术，它要解决**干线起点**如何共用，**干线终点**如何分离的问题。

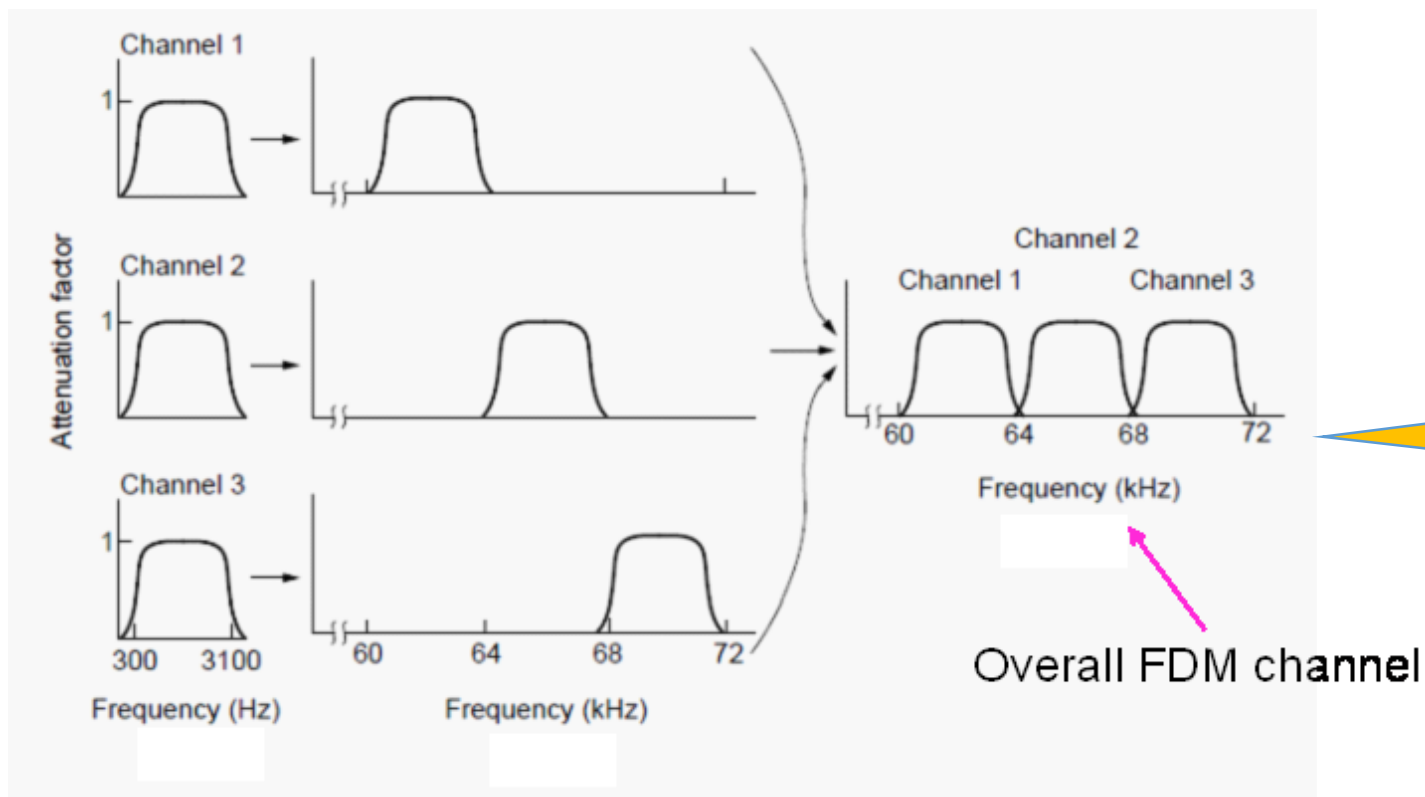




频分多路复用FDM

- 先来看频分多路复用 FDM（Frequency Division Multiplexing）
- FDM原理是这样的
 - 在干线起点，信道的频谱被分成若干段（子带），每个用户占据一段来传输自己的信号；
 - 到了干线的终点，每个子带的信号被单独分离出来给各个用户。

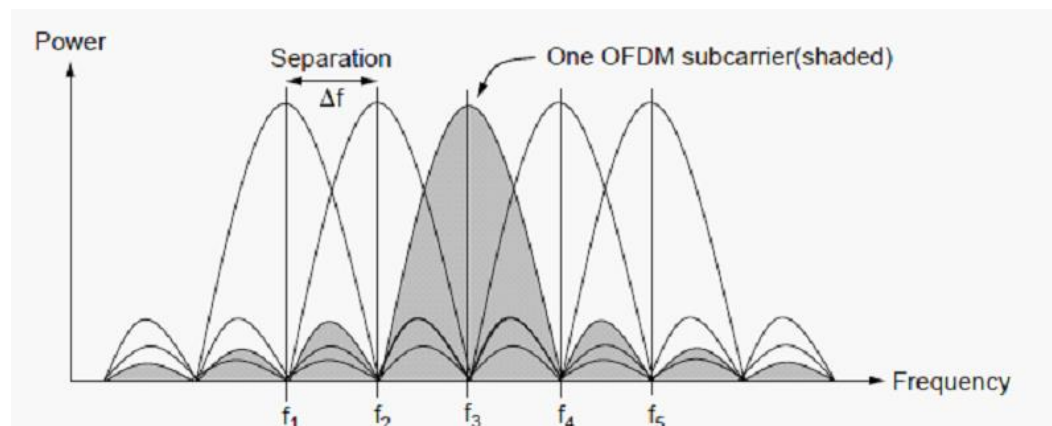
- 相邻用户使用的频段（子带）之间，通常留有一定的带宽，以免混淆，这个频段被称作保护带。





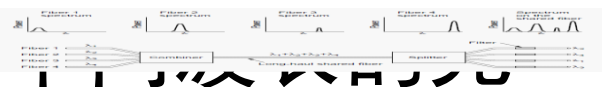
正交FDM: Orthogonal FDM (简称OFDM)

- 一种更好地利用带宽的FDM叫正交频分多路复用
OFDM
- OFDM没有了保护带，且子带之间相互重叠；同样的
干线可以承载更多的用户。
- OFDM 已被广泛用于802.11、有线电视网络等





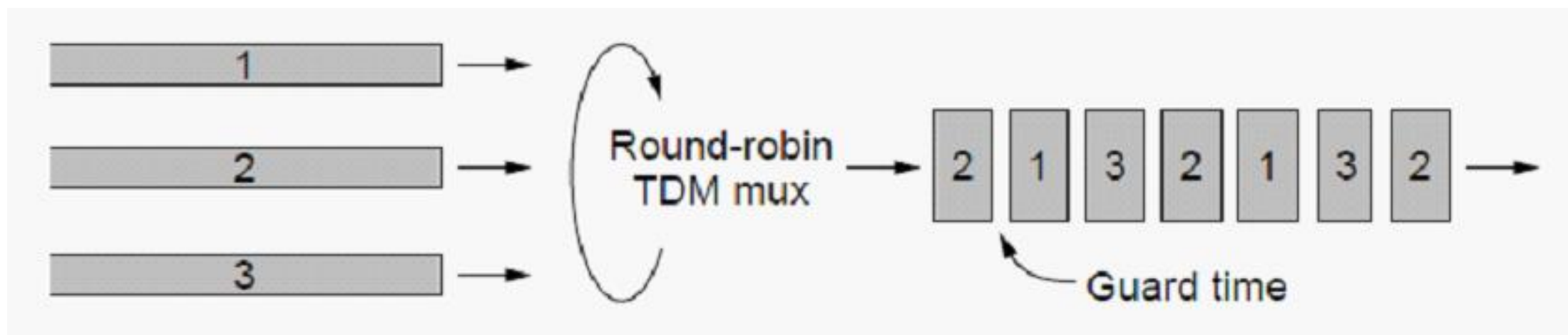
波分多路复用WDM

- ❑ WDM (Wavelength Division Multiplexing), 本质跟 FDM一样, 在光纤上复用信号
- ❑ 按照不同的波长, 干线分成了若干份, 承载了不同用户的光信号, 到了终点, 分离器分离出信号。
- ❑ 当相邻波长间隔非常接近, 子信道的数目非常大, WDM变成了DWDM (Dense, 密集波分多路复用)



时分多路复用TDM

- 另一大类的复用技术是：时分多路复用TDM（Time Division Multiplexing）
- 在时间上共享信道：将时间划分为非常短的时间片，每个用户**周期性**地在自己的时间片内使用整个带宽。





- 广泛用于 电话系统和蜂窝系统系统
- TDM要求时间上必须同步，为了适应时钟的微小变化，可能要求增加**保护时间间隔**
- 如果各用户需要的带宽不均衡，有的需要多，有的需要很少，而TDM用户时间片的使用却是一样的，将造成信道的浪费，不高效。



统计时分多路复用技术

- ❑ 所以，为了提高信道的利用率，有另一种TDM，叫做统计TDMStatistic TDM（STDM）
- ❑ 动态分配信道，不使用信道的用户不分配，分给有需要的用户使用，利用率可提高2~4倍（按需分配）
- ❑ 实现技术较复杂，通常只在高速远程通信中使用，如ATM
- ❑ 用户平均使用信道的情况不适用

视频中插入问题

10 个用户使用 TDM 或 FDM 共享 8 M bps 链路，使用 TDM 的每个用户都要以一个固定的顺序轮流完全占据连接 1 ms（毫秒）；当用户传输一个 3000 字节的消息时，哪个方法（TDM 还是 FDM）具有最低的可能延迟，该延迟时间是多少？

A. TDM, 21 ms

C. FDM, 18 ms

B. 两种方法有相同的延迟

D. TDM, 27 ms

解答分析

FDM: 每个用户分得带宽 $8\text{M}/10 = 800\text{kbps}$

所以传输3000字节需要时间约:

$$(3000 \times 8) / 800\text{kbps} = 0.03\text{s} = 30\text{ms}$$

TDM: 每个用户轮发数据量为 $8\text{M} \times 1\text{ms} = 8000\text{b}$

发送3000B (24000bit) 需要轮3次

那么需要等待的时间为 $(3-1) \times 10 = 20\text{ms}$

发送剩下的8000b需要时间1ms, 共需21ms。



CDMA (Code Division Multiple Access) 及来历

还有一种完全不同于FDM和TDM的复用技术叫码分多路复用技术，也是扩展频谱技术

- 1942年，明星海蒂拉玛和她的作曲家丈夫拉塞尔受钢琴启发，提出
- 二战后，被军方封存
- 直到1985年，高通公司以此为基础，开发了CDMA，广泛应用于3G





码分多路复用的比喻

- CDMA允许每个站利用整个频段发送信号，而且没有任何时间限制
- 打个比喻：许多人在两两交谈，TDM可以看成是许多人在大厅里按照顺序交谈；FDM可以看成是不同的人按照不同的语调同时进行交谈。
- 而CDMA可以看成是每对交谈者使用不同的语言，有讲中文的、英文的、法语的，讲中文的只听见中文，其它语言对他来说就是噪声。

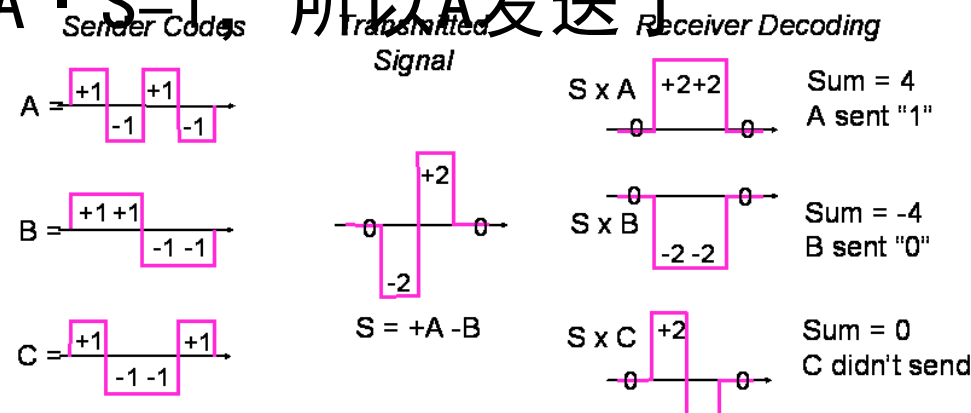


- 所以，CDMA的关键在于：能够提取出需要的信号，同时拒绝所有其它的信号，并把这些信号当作噪声。
- 在CDMA中，每个比特时间被细分成 m 个更短的时间间隔，这更短的时间间隔被称为码片；通常地，每个比特被分为64或128。
- 为了便于理解，下面以 $m=4$ 为例介绍CDMA的原理

- 假如一个 $m=4$ 的CDMA系统，每个工作站/用户分配一个唯一的码片序列（用双极符号表示），所有的码片序列两两正交，即归一化内积为零。
- 当一个工作站要发送“1”时，就发送它的时间序列，当它要发送“0”时，就发送它时间序列的反码

- 在这个例子中，A发送了“1”，B发送了“0”，C什么也没发。
- 在复用端，复用后的信号S被线性叠加在一起，为（0， -2， +2, 0）。
- 为了知道某个站发送的是什么，接收方必须知道发送方的码片序列，，只要计算复用信号和发方码片序列的归一化内积。

- 在这个例子中，要知道A发送了什么， $A \cdot S=1$ ，所以A发送了“1”，恢复出A发送的信号来了。





注意

- 码片序列是正交的，能够同时传输
- 广泛用于3G网通信



小结

- 复用技术是让多用户共享同一根信道，每种复用技术都有自己的特点
 - 频分多路复用FDM技术
 - 波分多路复用WDM技术
 - 密集波分多路复用DWDM
 - 时分多路复用TDM技术
 - 统计时分多路复用STDM
 - 码分多路复用CDMA技术

致谢

本课程课件中的部分素材来自于：（1）清华大学出版社出版的翻译教材《计算机网络》（原著作者：Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall）；（2）思科网络技术学院教程；（3）网络上搜到的其他资料。在此，对清华大学出版社、思科网络技术学院、人民邮电出版社、以及其它提供本课程引用资料的个人表示衷心的感谢！

对于本课程引用的素材，仅用于课程学习，如有任何问题，请与我们联系！