



# 计算机网络与通信技术

知识点：信道复用技术

北京交通大学 聂晓波



# 信道复用技术

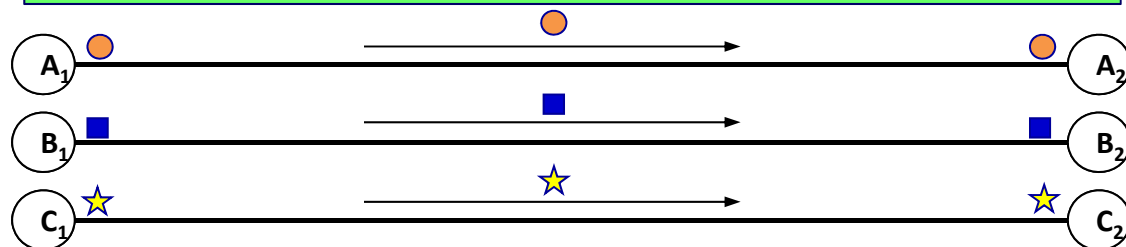
---

- 频分复用、时分复用和统计时分复用
- 波分复用
- 码分复用



# 频分复用、时分复用和统计时分复用

**复用** (multiplexing) 是通信技术中的基本概念。它允许用户使用一个**共享**信道进行通信，降低成本，提高利用率。



(a) 使用单独的信道



(b) 使用共享信道

复用的示意图



## 频分复用 FDM

- 将整个带宽分为多份，用户在分配到一定的频带后，在通信过程中自始至终都占用这个频带。
- 频分复用的所有用户在同样的时间**占用不同的带宽资源**（请注意，这里的“带宽”是频率带宽而不是数据的发送速率）。



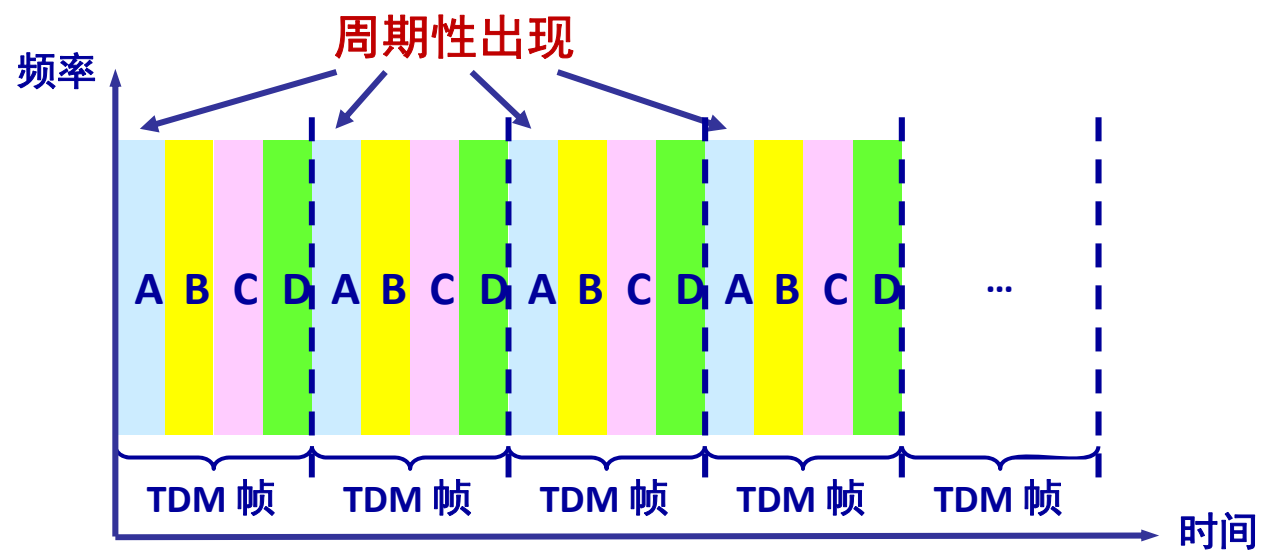


# 时分复用TDM

- 时分复用则是将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM 帧）。每一个时分复用的用户在每一个 TDM 帧中占用固定序号的时隙。
- 每一个用户所占用的时隙是周期性地出现（其周期就是 TDM 帧的长度）。
- TDM 信号也称为等时(isochronous)信号。
- 时分复用的所有用户是在不同的时间占用同样的频带宽度。



# 时分复用TDM



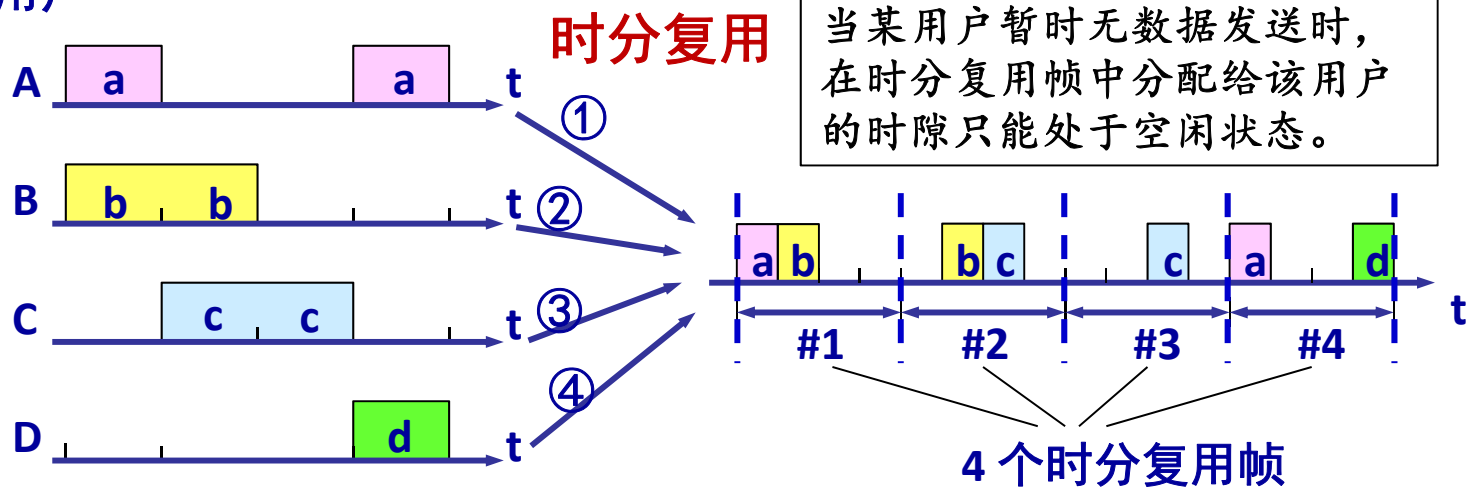
时分复用



## 时分复用可能会造成线路资源的浪费

使用时分复用系统传送计算机数据时，由于计算机数据的突发性质，用户对分配到的子信道的利用率一般是不高的。

用户

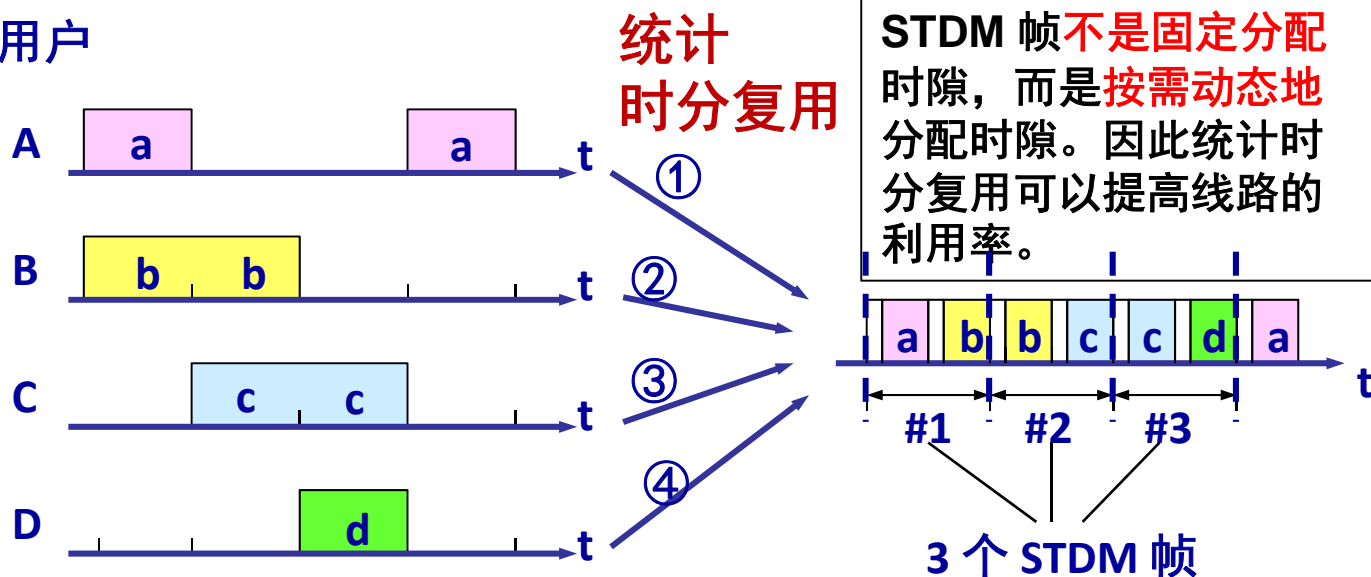


时分复用可能会造成线路资源的浪费



# 统计时分复用 STDM

用户



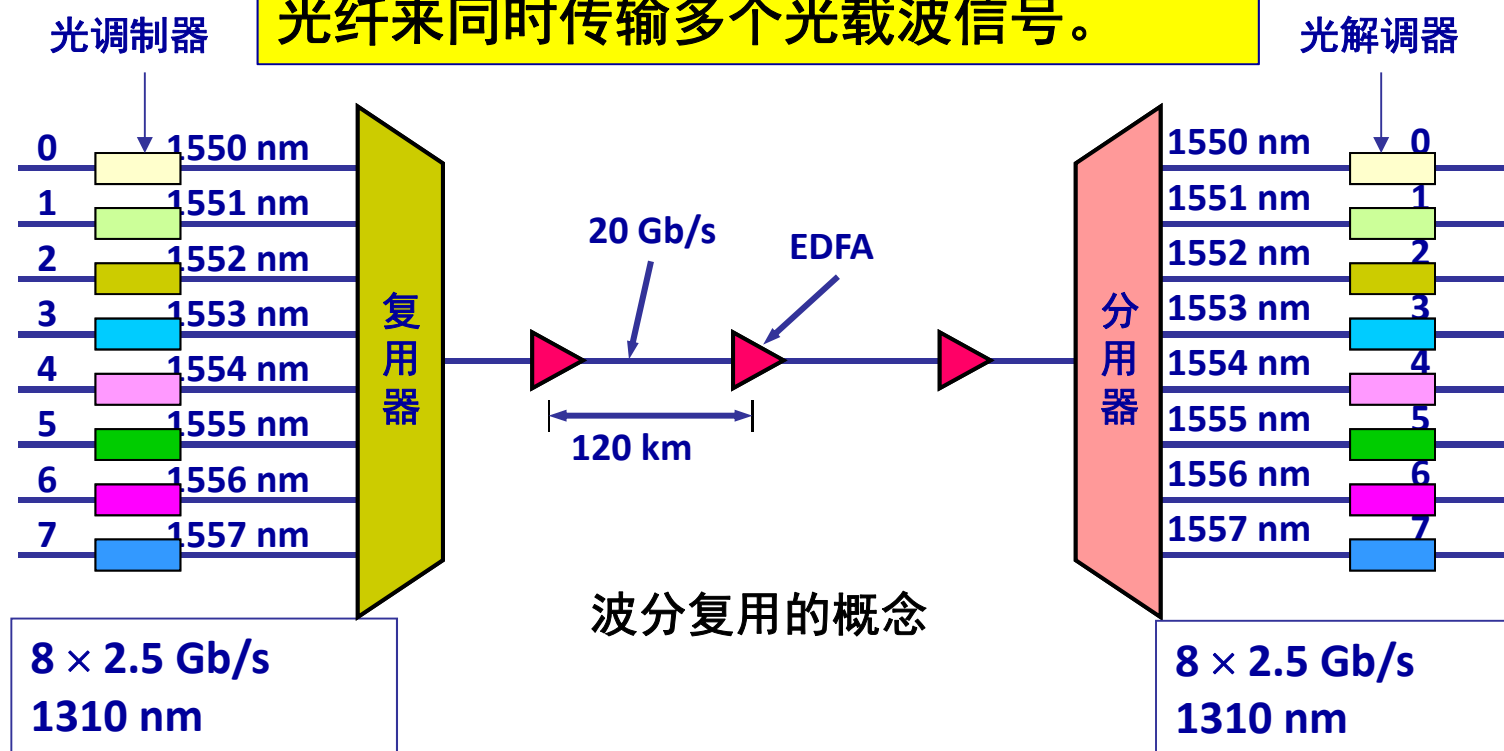
统计时分复用的工作原理





# 波分复用 WDM

波分复用就是光的频分复用。使用一根光纤来同时传输多个光载波信号。





# 码分复用 CDMA

- 常用的名词是**码分多址 CDMA**  
(Code Division Multiple Access)。
- 各用户使用经过特殊挑选的不同码型，因此彼此不会造成干扰。
- 这种系统发送的信号有很强的抗干扰能力，其频谱类似于白噪声，不易被敌人发现。



## 码片序列(chip sequence)

- 每一个比特时间划分为  $m$  个短的间隔, 称为**码片(chip)**。
- 每个站被指派一个唯一的  $m$  bit **码片序列**。
  - 如发送比特 1, 则发送自己的  $m$  bit 码片序列。
  - 如发送比特 0, 则发送该码片序列的二进制反码。
- 例如, S 站的 8 bit 码片序列是 00011011。
  - 发送比特 1 时, 就发送序列 00011011,
  - 发送比特 0 时, 就发送序列 11100100。
- S 站的码片序列:  $(-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)$



## 码片序列实现了扩频

- 假定S站要发送信息的数据率为  $b$  bit/s。由于每一个比特要转换成  $m$  个比特的码片，因此 S 站实际上发送的数据率提高到  $mb$  bit/s，同时 S 站所占用的频带宽度也提高到原来数值的  $m$  倍。
- 这种通信方式是扩频(spread spectrum)通信中的一种。
- 扩频通信通常有两大类：
  - 一种是直接序列扩频DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)，如上面讲的使用码片序列就是这一类。
  - 另一种是跳频扩频FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)。



## CDMA 的重要特点

---

- 每个站分配的码片序列不仅**必须各不相同**，并且还**必须互相正交** (orthogonal)。
- 在实用的系统中是使用**伪随机码序列**。



## 码片序列的正交关系

- 令向量  $S$  表示站  $S$  的码片向量，令  $T$  表示其他任何站的码片向量。
- 两个不同站的码片序列正交，就是向量  $S$  和  $T$  的规格化内积 (inner product) 等于 0:

$$S \bullet T \equiv \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i T_i = 0$$



## 正交关系的另一个重要特性

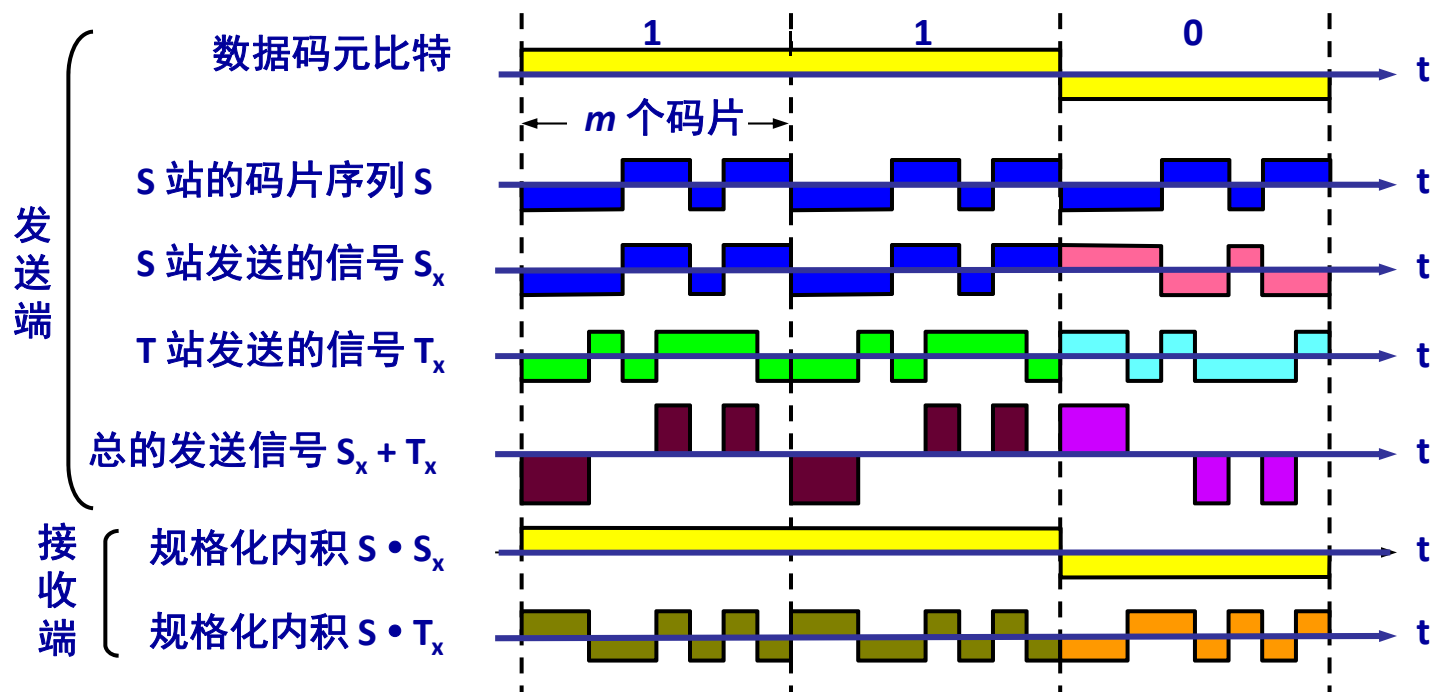
- 任何一个码片向量和该码片向量自己的规格化内积都是 1。

$$\mathbf{S} \cdot \mathbf{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i S_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\pm 1)^2 = 1$$

- 一个码片向量和该码片反码的向量的规格化内积值是 -1。



# CDMA 的工作原理







谢谢！