

Chapter 6

帶宽利用 (Bandwidth Utilization: Multiplexing and Spreading)



为达到特殊的目的,带宽利用是可用带宽的合理使用.

复用(multiplexing)可获得效率,扩频 (spreading)可以到保密与抗干扰

Efficiency can be achieved by multiplexing; privacy and anti-jamming can be achieved by spreading.

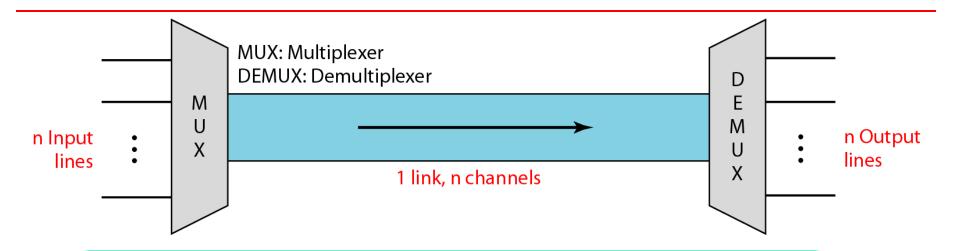
6-1 MULTIPLEXING

只要连接两台设备的介质带宽比设备间传输所要求 的带宽高时,改链路就可以被共享。复用就是是允 许同时通过一条数据链路传输多个信号的一组技术。 随着数据和电信应用的增加,通信量不断增加。

Topics discussed in this section:

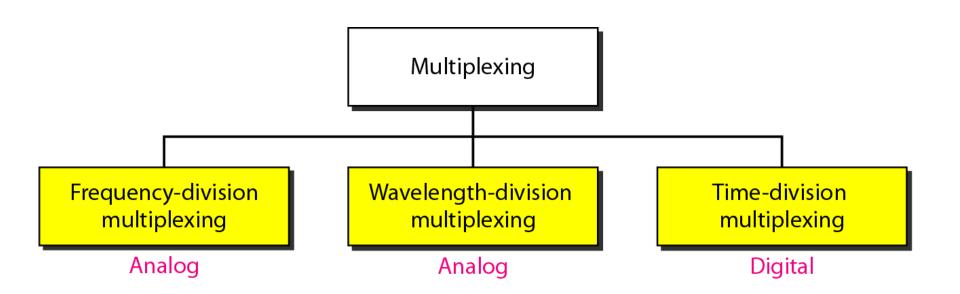
频分多路复用(Frequency-Division Multiplexing) 波分多路复用(Wavelength-Division Multiplexing) 同步时分多路复用(Synchronous Time-Division Multiplexing) 统计时分多路复用(Statistical Time-Division Multiplexing)

Figure 6.1 链路划分为通道



- 复用就是允许同时通过一条数据链路传输多个信号的一组技术
- 复用器MUX
- 分离器DEMUX
- 通道channel

Figure 6.2 多路复用的分类



频分多路复用(FDM)

Figure 6.3 频分多路复用



Note

FDM 是用来组合模拟信号的模拟多路复用技术.

Figure 6.4 FDM 过程

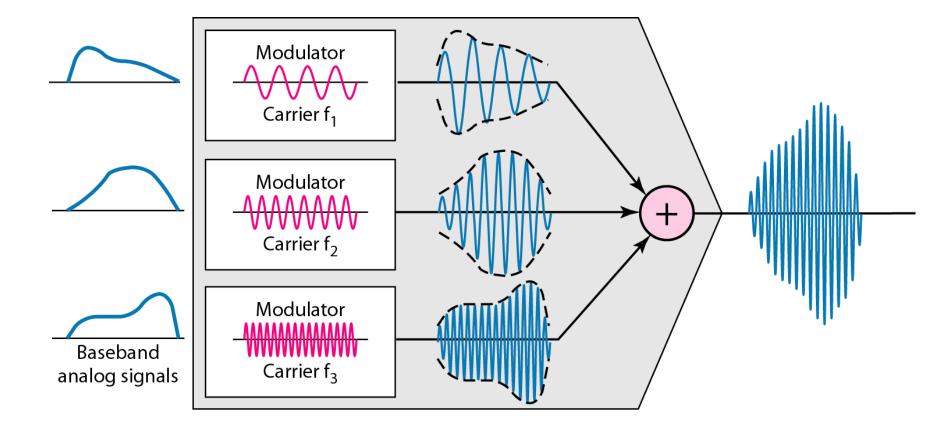
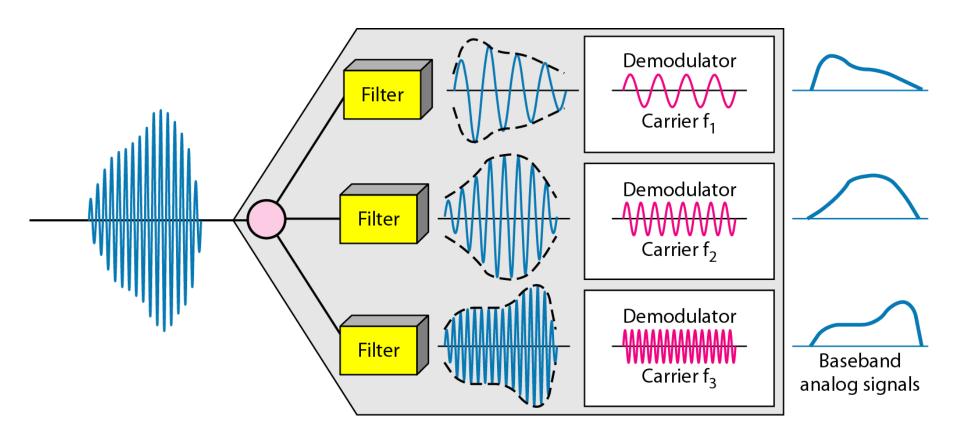


Figure 6.5 FDM 分离示例



Example 6.2

有5个通道,每个通道的带宽是100-kHz 全部进行多路复用。如果通道之间需要10 kHz的防护频带以防止于扰,则链路的最小带宽是多少?

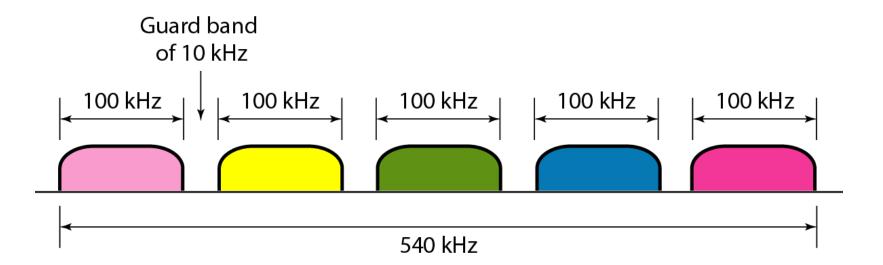
Solution

对于5个通道,至少需要4个防护频带。这意味着至 少需要带宽

 $5 \times 100 + 4 \times 10 = 540 \text{ kHz},$

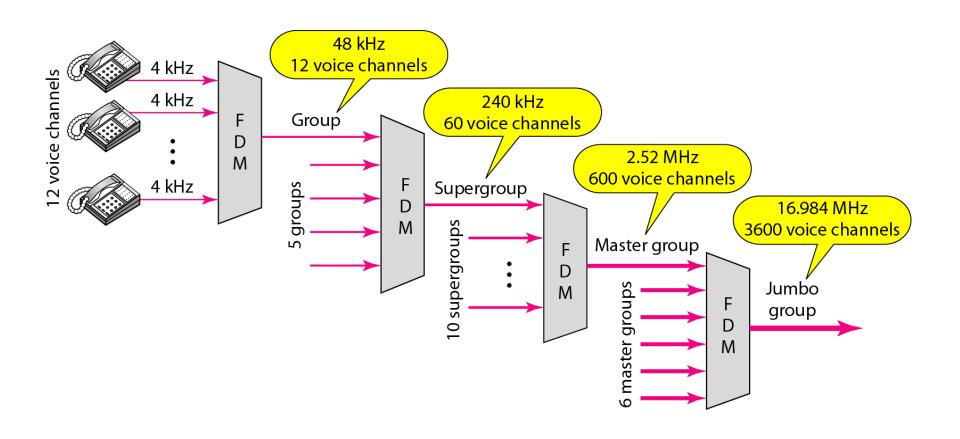
如图6.7所示

Figure 6.7 Example 6.2



频分多路复用(FDM)

Figure 6.9 模拟体系(Analog hierarchy)



Example 6.4

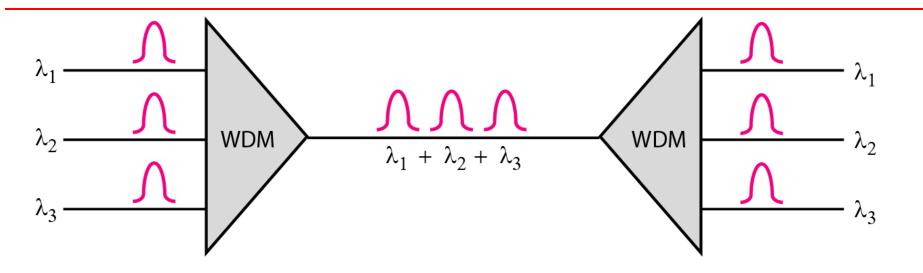
高级移动系统(Advanced Mobile Phone System,AMPS)使用2个波段,第一个波段是824~849 MHz 用于发送,而869~894 MHz 用于接收.每一个用户在每个方向上都有30 kHz 带宽. 3kHz语音使用FM调制,生成30kHz的调制信号。试问,可以有多少人同时使用移动电话?

Solution

每个波段是25 MHz. 如果将25 MHz 按 30 kHz划分,可以得到833.33个. 实际上,波段划分为832 通道. 在这些通道中, 42 个通道用于控制,意味着只有790个通道可用于移动电话用户。.

波分多路复用(WDM)

Figure 6.10 波分多路复用

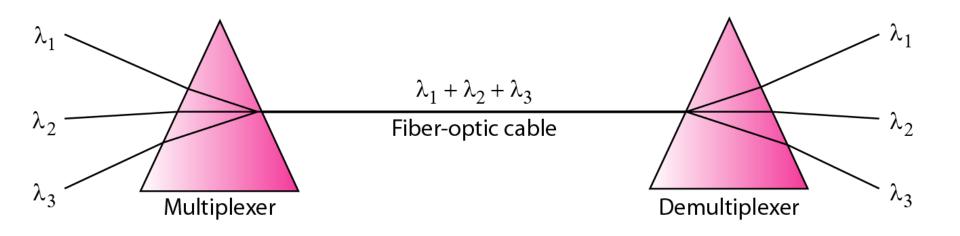


- 用于具有高数据速率传输能力的光缆
- WDM在概念上与FDM相同,其原理也一样
- 差别是这些频率非常高

Note

WDM是合并多个光信号的模拟多路复用技术.

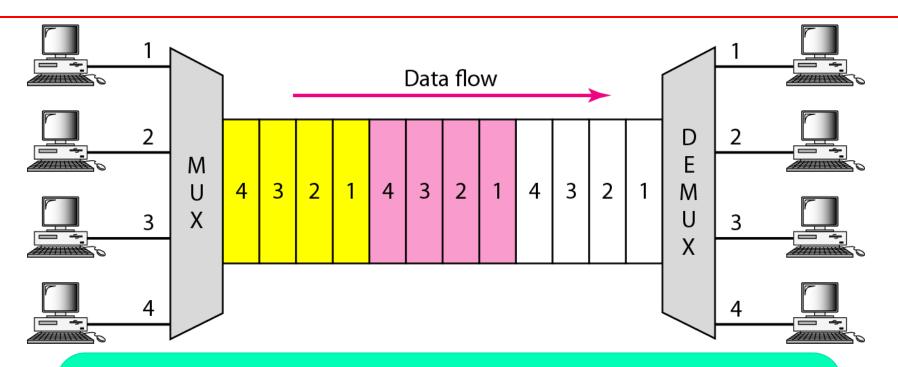
Figure 6.11 Prisms(棱镜) 在波分复用中的复用和分离器



- 在复用器上将多个光源组成单一光信号
- 在分离器上做相反的处理
- 光源组合与分离由棱镜完成。
- WDM的一种应用是同步光纤网络(SONET)

时分多路复用(TDM)

Figure 6.12 TDM



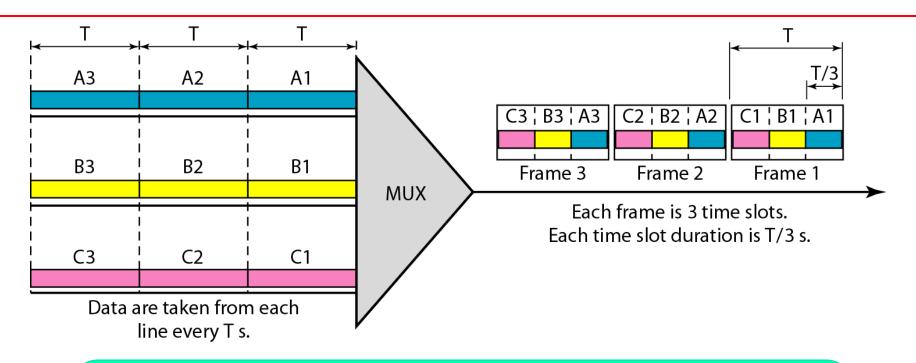
- TDM是一个数字化的过程,它允许多个连接共享一条高宽链路
- TDM在时间上共享,每个连接占用链路的一个时间片段。
- TDM将不同源端的数字数据合并到一个时间共享的链路上。

时分多路复用(TDM)

Note

TDM是组合多个低速的通道为一个高速通道 数据的复用技术.

Figure 6.13 同步时分复用(Synchronous time-division multiplexing)



- 每个输入连接的数据流被划分为多个单元,每个输入占用一个输入时隙。
- 一个单元可以是一位,一个字符或一个数据块
- 每个输入单元成为一个输出单元,占用一个输出时隙

Note

在同步TDM中,链路速率是数据速率的 n 倍, 并且比单元持续时间短 n 倍.

Example 6.7

将4个 1-kbps 的连接一起复用,每个单位为1 位. 试求 (a) 复用前一位持续的时间, (b) 链路传输速率, (c) 时隙 持续时间 (d) 一帧持续时间.

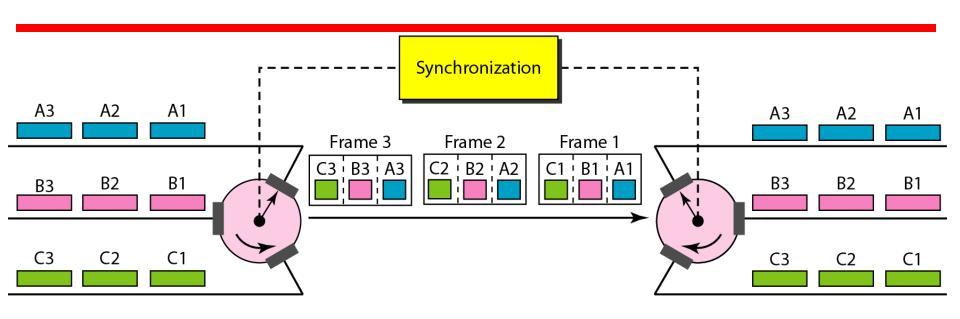


Figure 6.15 Interleaving

Solution

答案如下:

- a. 复用前一位持续时间是 1 / 1 kbps, 即 0.001 s (1 ms).
- b. 链路速率是连接速率的4倍, 即 4 kbps.
- c. 每个时隙持续时间是复用前每位持续时间的1/4,即250 µs. 注意: 我们也可以从链路数据速率4 kbps来 计算.,位持续时间是数据速率1/4 kbps的倒数,即250 µs.
- d. 帧持续时间总是与复用前一个单元持续时间,即1 ms. 我们也可以从另一个方法计算,此时每帧有4 个时隙,所以一个帧持续时间是 250 µs, 即 1 ms.

Figure 6.18 空时隙(Empty slots)

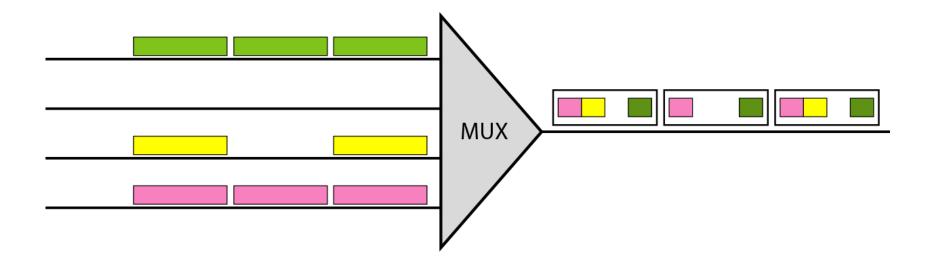


Figure 6.19 多级复用(Multilevel multiplexing)

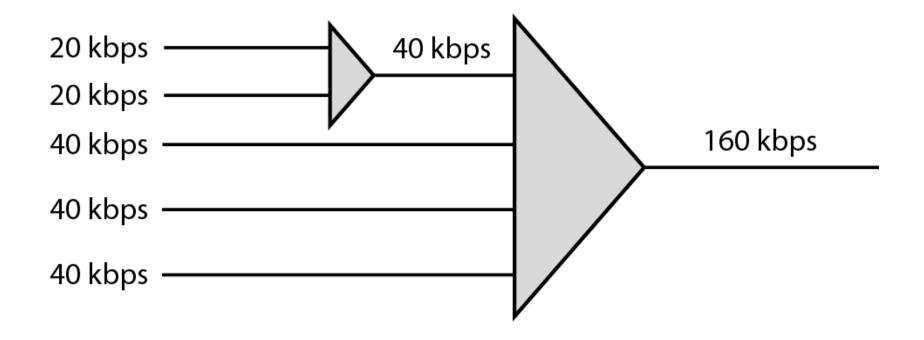


Figure 6.20 多时隙(Multiple-slot multiplexing)

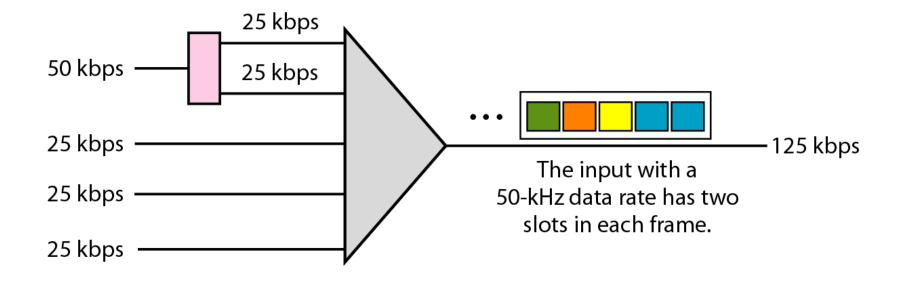


Figure 6.21 脉冲填充(Pulse stuffing)

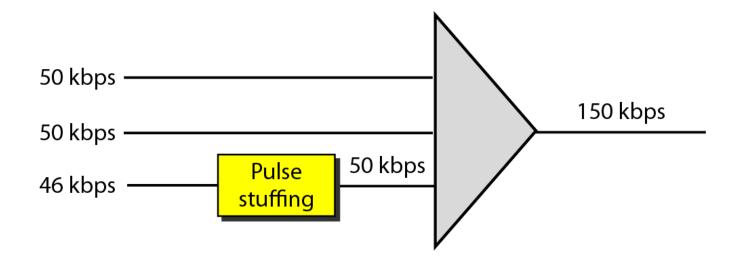
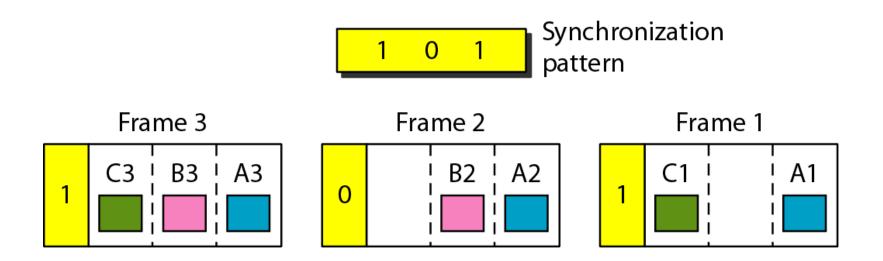




Figure 6.22 帧指示位(Framing bits)



数字体系

Figure 6.23 数字体系(Digital hierarchy)

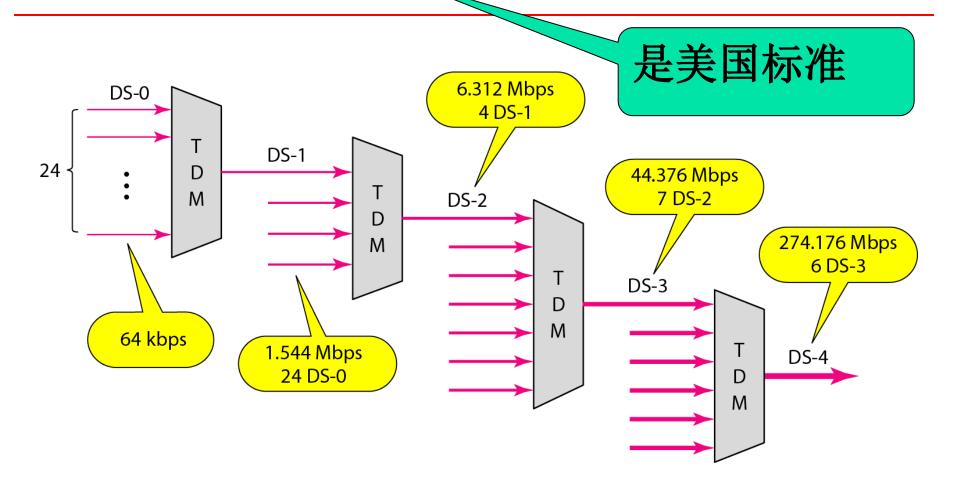


Table 6.1 DS 和T 线路速率

Service	Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
DS-1	T-1	1.544	24
DS-2	T-2	6.312	96
DS-3	T-3	44.736	672
DS-4	T-4	274.176	4032

Figure 6.24 用于电话线路多路复用的T-1线路

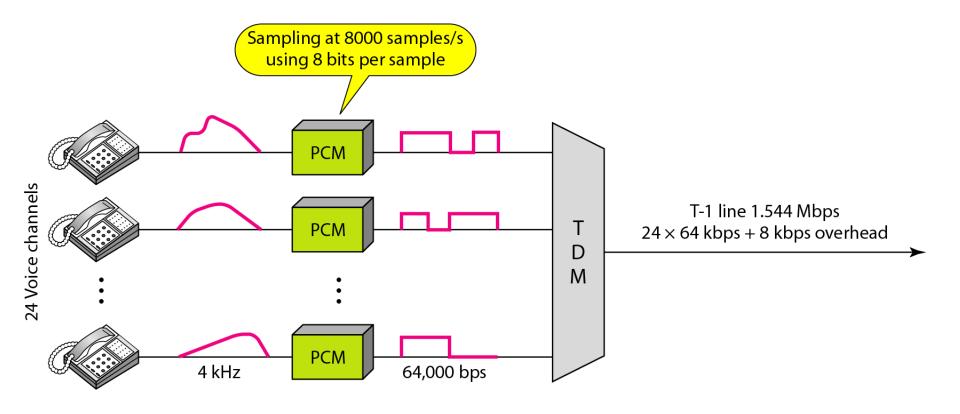


Figure 6.25 *T-1* 帧结构

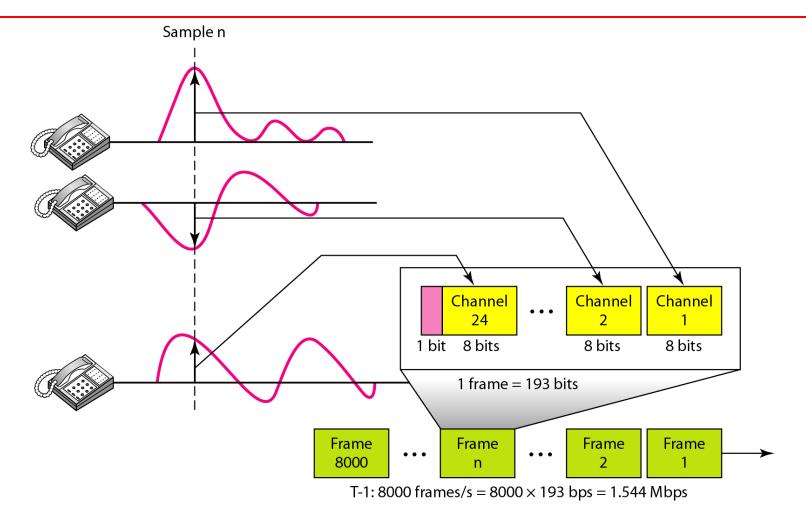
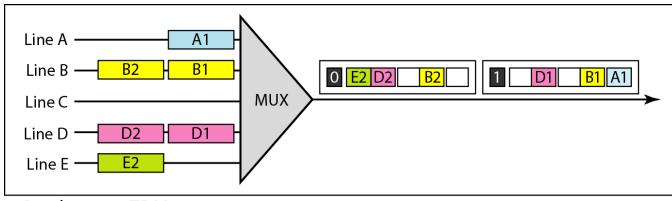


Table 6.2 E 线路的速率(欧洲的标准)

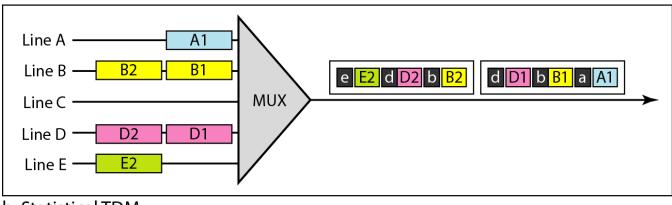
Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
E-1	2.048	30
E-2	8.448	120
E-3	34.368	480
E-4	139.264	1920

统计时分复用

Figure 6.26 TDM 时隙比较



a. Synchronous TDM



b. Statistical TDM

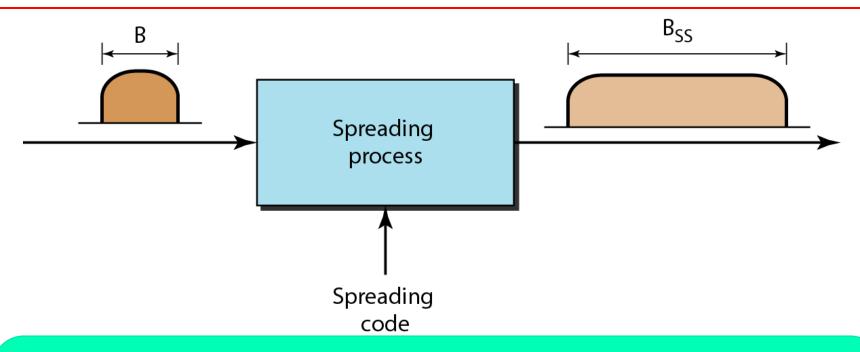
6-2 扩频(SPREAD SPECTRUM)

在扩频系统(SS) 中,也把来自某些源端的信号组合在一起形成一个更宽的带宽,可是目的略有不同. 为达到此目的,扩频技术增加了冗余部分,扩展原始信号的频带满足每个站的需要.

Topics discussed in this section:

调频扩频(Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)) 直接序列扩频(Direct Sequence Spread Spectrum Synchronous (DSSS))

Figure 6.27 扩频(Spread spectrum)



- 对每个站点需要分配的带宽显然要比它所需要的带宽更大
- 原来的带宽B扩大到B_{ss}必须有一个与原理的信号无关的过来来做。也就是说,信号有源端生成后,扩频过程才发生

Figure 6.28 跳频扩频 (FHSS)

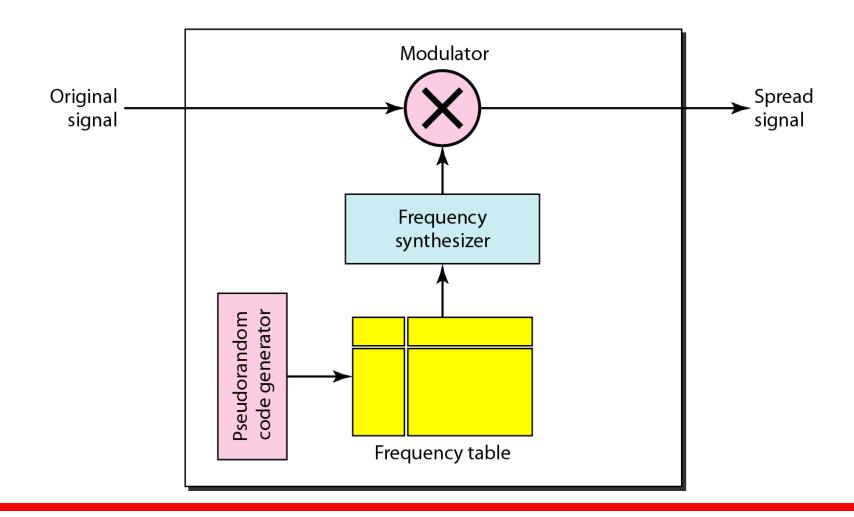


Figure 6.29 FHSS 中频率的选择

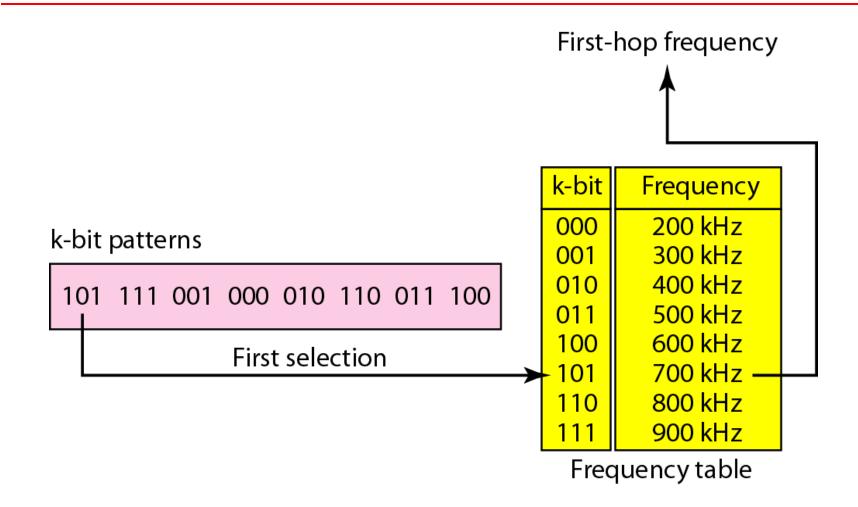


Figure 6.30 FHSS 循环

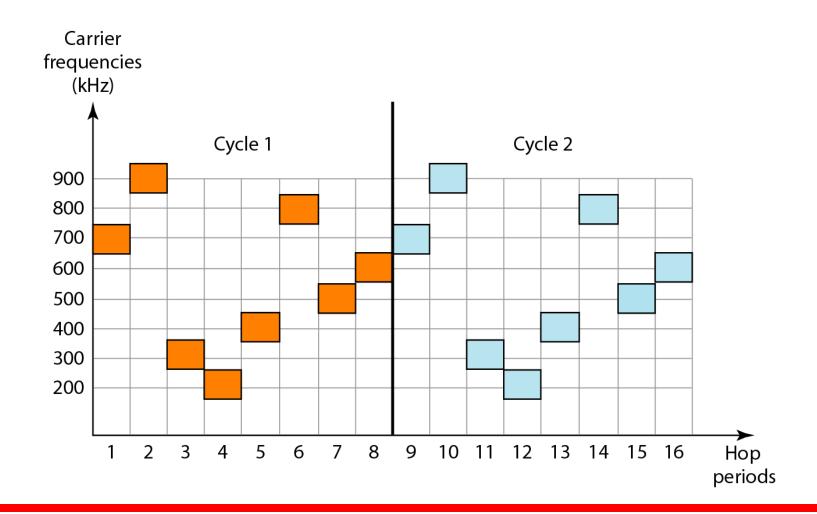


Figure 6.32 直接序列扩频(DSSS)

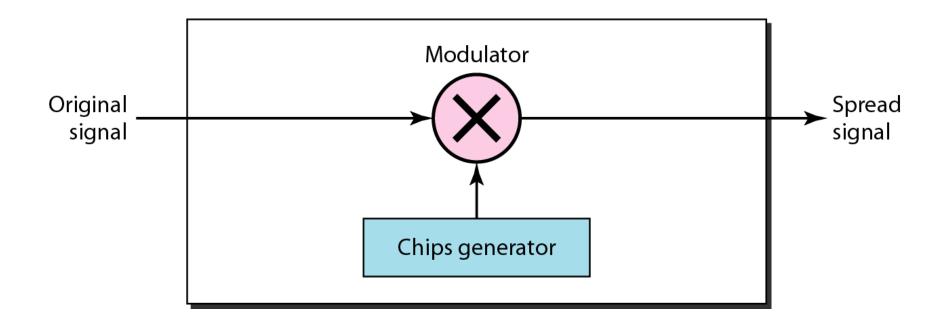
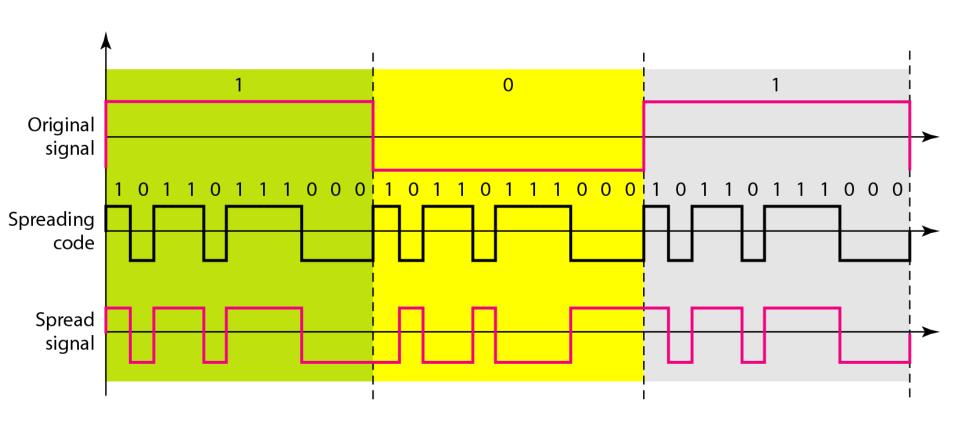


Figure 6.33 DSSS 的例子



作业:

- P122页
- **2**4