

第8章 多路复用和数字复接技术

8.1 概 述

8.3 时分复用(TDM)

8.5 波分复用(WDM)

8.2 频分复用(FDM)

8.4 码分复用(CDMA)

8.1 概 述

利用一条信道实现多路信号同时传输的技术叫做多路复用技术。一般复用是直接多路信号编码复用，而复接是将两个或两个以上低速数字流(速率可以不等)合并成单一的较高速率的数字流，是多个复用信号再一次时分复用。

多路复用技术是为了提高传输效率，提高有效性。多路复用的理论基础是信号分割原理。信号分割的依据在于信号之间的差别，这些差别可以是频率、时间、空间、码型等参量。

8.2 频分复用(FDM)

8.2.1 频分复用原理

8.2.2 模拟话音多路复用系统

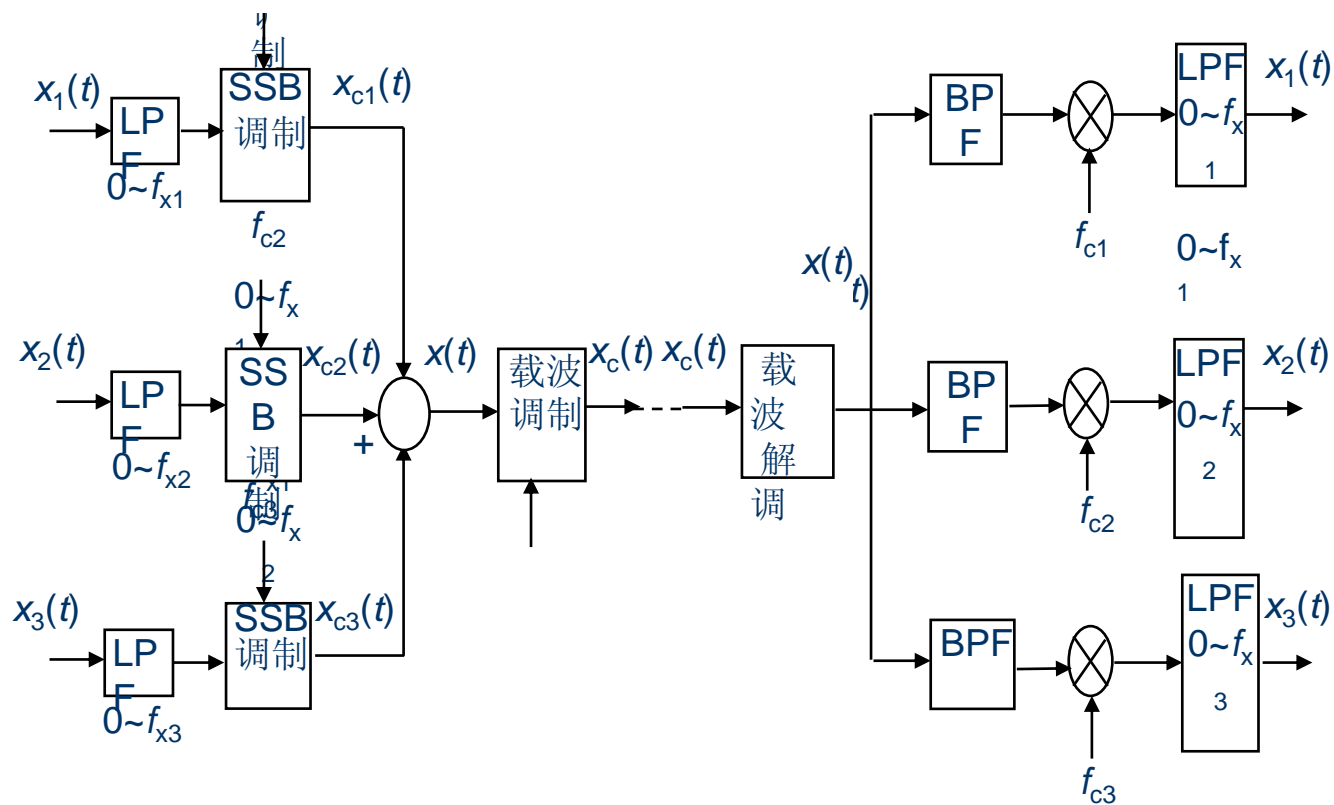
8.2.1 频分复用原理

频分复用 (FDM , Frequency Division Multiplexing)的分割参量是频率，只要各路信号在频率上互相不重叠，就可实现频分复用。

频分复用是一种按频率来划分信道的复用方式，它把整个物理媒介的传输频带，按一定的频率间隔划分为若干较窄的频带，每个窄带构成一个子信道。

三路带限调制信号的多路频分复用原理图如图8.1所示。

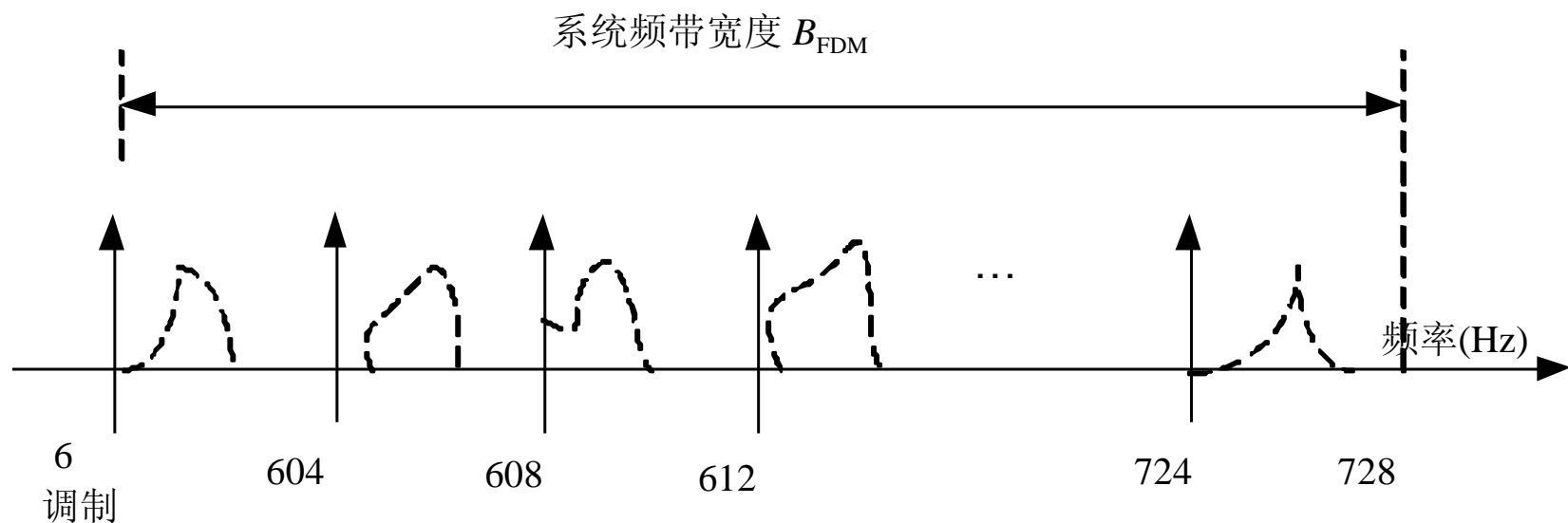
图8.1 频分复用系统



8.2.2 模拟话音多路复用系统

图8.2是一个32路FDM-SSB的信道频谱分布图，图中各路话音信号之间一般要有一定的保护带。大部分情况下，基带信号频带宽度(3.1kHz)加上保护带，常取 $B=B_p+B_i=4\text{kHz}$ ， B_i 为一路信号的带宽， B_p 为各路保护带宽，图中画出了 $n=32$ 路话音信号搬移到600kHz的FDM频谱。

图8.2 FDM信道频谱分布



8.3 时分复用(TDM)

8.3.1 时分复用原理

8.3.2 PCM基群帧结构

8.3.3 数字复接概念

8.3.4 准同步数字复接(PDH)

8.3.5 同步数字复接(SDH)

8.3.1 时分复用原理

1. 时分复用的基本工作原理

图8.3 理解抽样定理

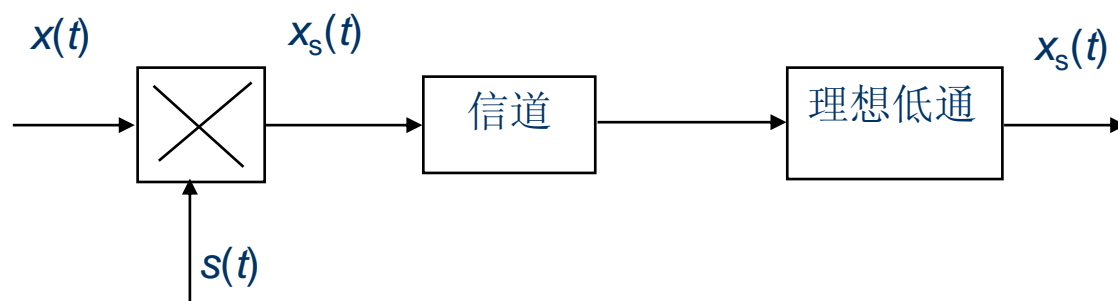
- 1) 抽样速率、抽样脉冲宽度和复用路数的关系
- 2) PAM时分复用的信号带宽、系统带宽与路数的关系
- 3) 时分复用信号仍然是基带信号

2. 时分复用的PCM系统

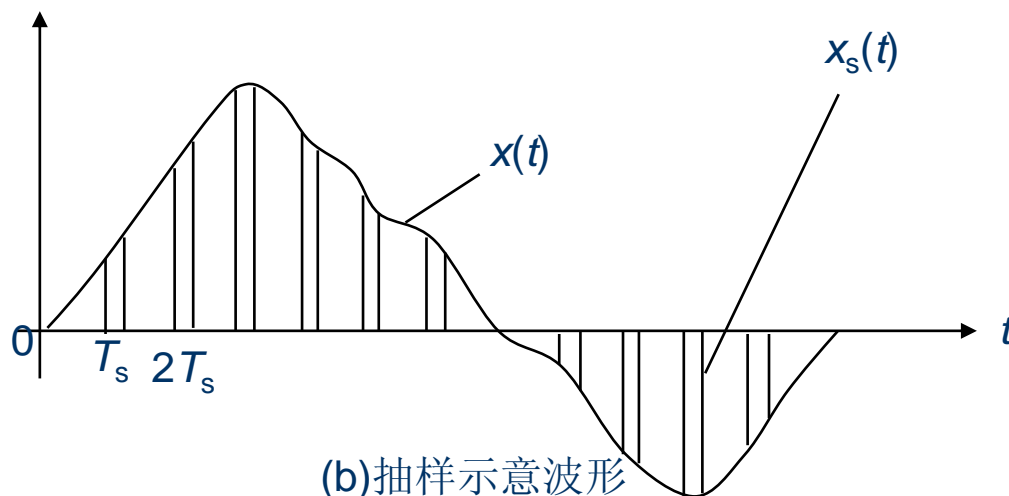
3. 时分复用(TDM)和频分复用(FDM)的比较

- 1) 从复用的原理来看
- 2) 从设备复杂性来看
- 3) 从抗各路信号间干扰来看
- 4) 从需要的传输带宽来看

图8.3 理解抽样定理



(a) 抽样传输



(b) 抽样示意波形

8.3.2 PCM基群帧结构

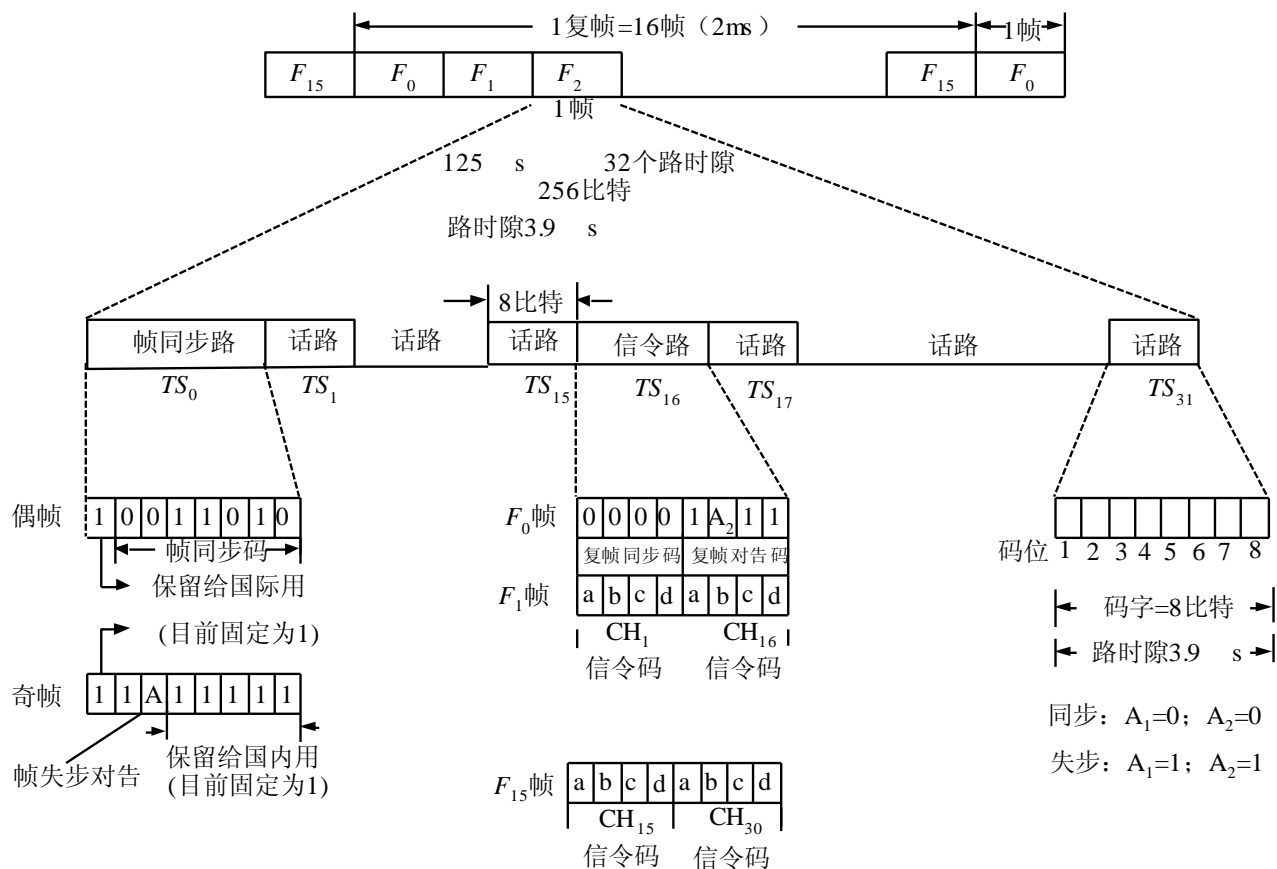
1. A律PCM 30/32路基群帧结构

在A律PCM基群中，一帧共有32个时间间隔，称为时隙，每个时隙对应1个抽样值，1个样值编8位码。如图8.7所示。

2. μ 律PCM 24路基群帧结构

采用 μ 律的24路基群则用另一种帧结构。

图8.7 PCM30/32路基群帧结构



8.3.3 数字复接概念

1. 数字复接系统的基本概念

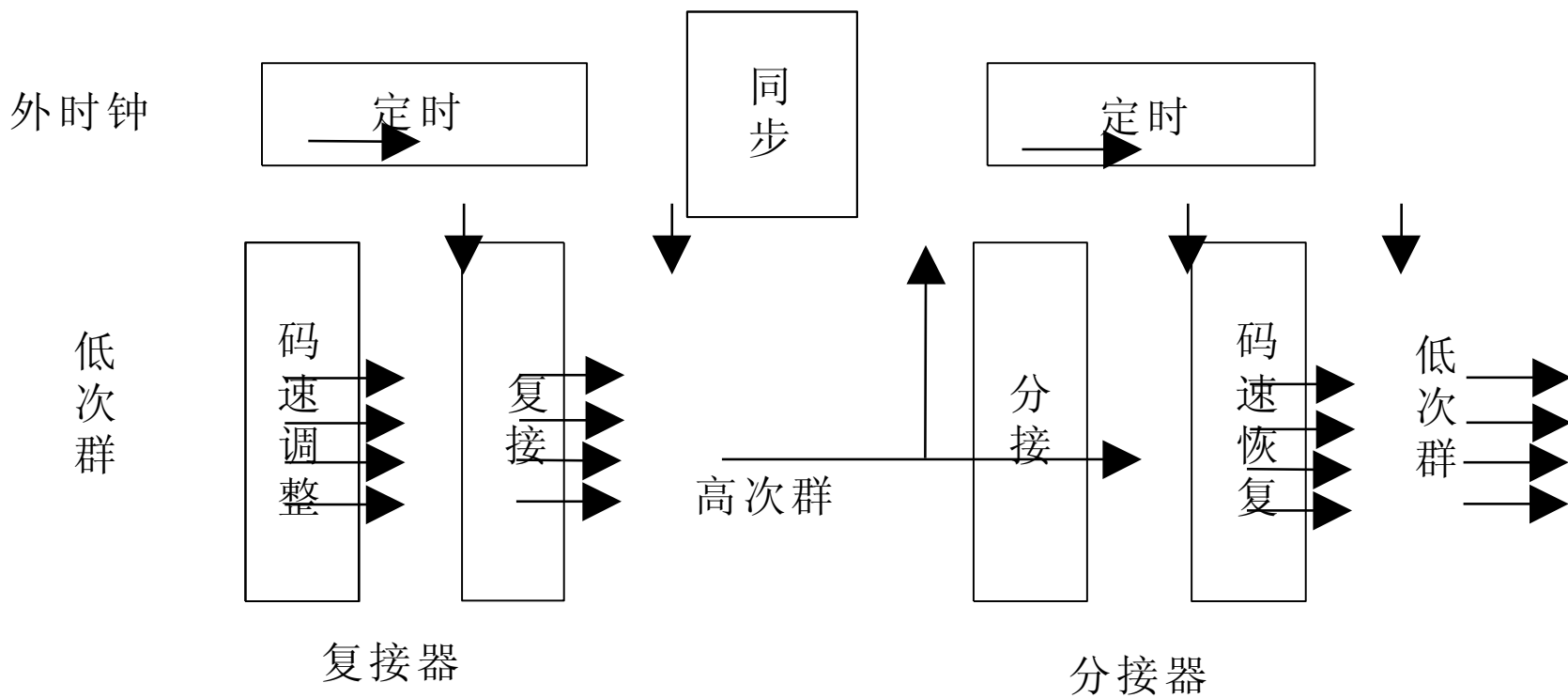
图8.8 数字复接系统组成

2. 数字复接的方法

按各支路信号的交织长度划分，数字复接的方法主要有按位复接、按字复接和按帧复接三种。

如果按各支路信号时钟间的关系角度分，数字复接方法有同步(时钟)复接、异步(时钟)复接和准同步(时钟)复接三种。

图8.8 数字复接系统组成



8.3.4 准同步数字复接(PDH)

原CCITT推荐了两类准同步数字复接系列，北美和日本等国采用PCM 24路系统，即以1.544Mbit/s(也称为T1速率)作为一次群(基群)的数字系列；欧洲和原苏联、中国等国家则采用PCM 30/32路系统，即以2.048Mbit/s (也称为E1速率)作为一次群(基群)的数字复接系列。两类数字复接系列如 表8.1所列。从表中所列看出24路系列中高次群和低次群之间没有固定的整数比，且北美和日本的高次群速率又有所不同，而30/32路系列中高次群和低次群之间都是四倍关系。

表8.1 准同步数字复接系列(PDH)

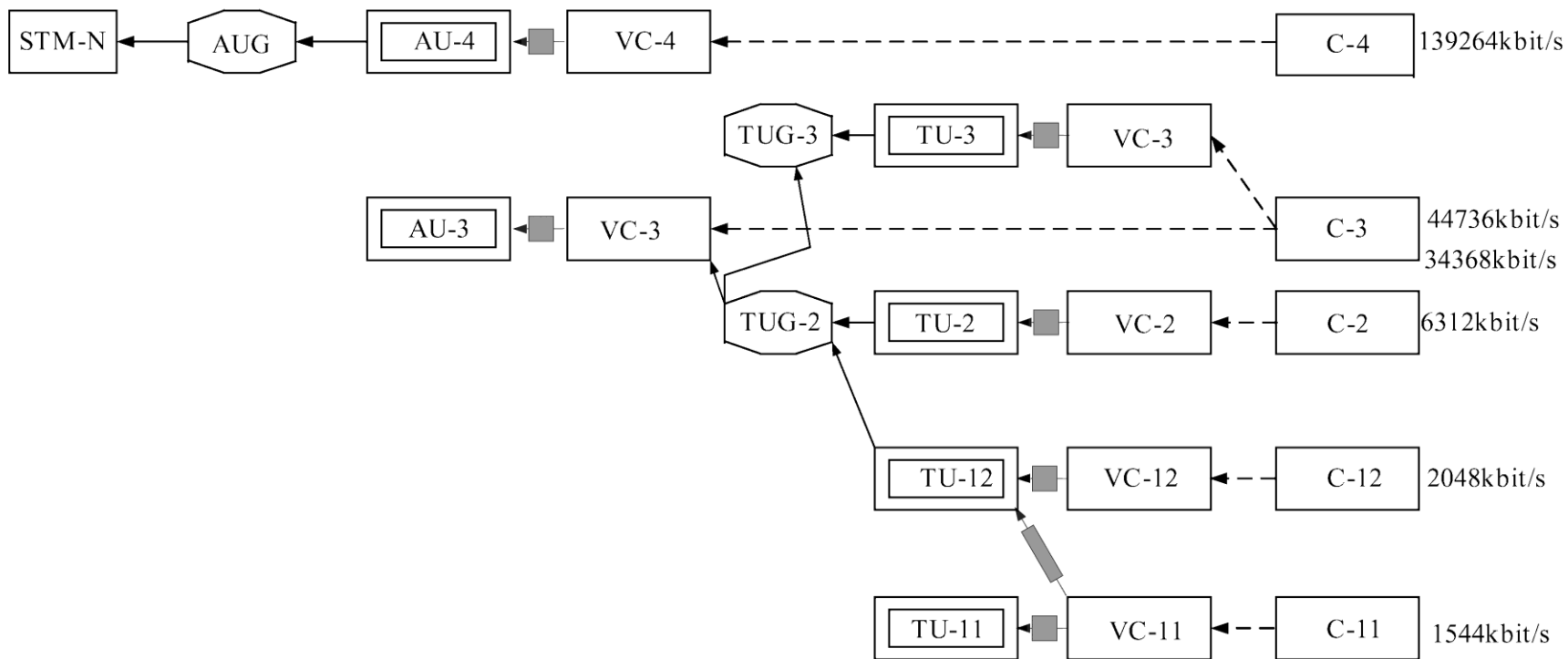
地区	一次群 (基)	二次群	三次群	四次群	五次群
北美	24路 1.544Mbps	$24 \times 4 = 96$ 路 6.312Mbps	$96 \times 7 = 672$ 路 44.736Mbps	$672 \times 6 = 4032$ 路 274.176Mbps	
日本	24路 1.544Mbps	$24 \times 4 = 96$ 路 6.312Mbps	$96 \times 5 = 480$ 路 32.036Mbps	$480 \times 3 = 1440$ 路 97.728Mbps	$1440 \times 4 = 5760$ 路 397.200Mbps
欧洲 中国	30路 2.048Mbps	$30 \times 4 = 120$ 路 8.448Mbps	$120 \times 4 = 480$ 路 34.368Mbps	$480 \times 4 = 1920$ 路 139.26Mbps	$1920 \times 4 = 7680$ 路 564.992Mbps

8.3.5 同步数字复接(SDH)

1. PDH的弱点
2. SDH的概念及特点
3. SDH的帧结构
4. SDH的基本复用结构

图8.15 SDH的一般复用结构

图8.15 SDH的一般复用结构



8.4 码分复用(CDMA)

在码分复用中，发送端将发送的信号用互不相干、互相正交(准正交)的地址码去调制，接收端则利用码型的正交性，通过相应地址码从混合的信号中选出相应的信号。由于收、发的地址码可以选多种，这样就可以实现多路信号的复用。这种复用就叫码分复用。

8.5 波分复用(WDM)

波分复用是光纤通信中特有的一种复用方式。它通过在一根光纤中同时传输几种不同波长的光波信号以达到复用的目的。从本质上讲，WDM与FDM是一致的，这是因为FDM是把各路信号调制到不同载波频率的电波上，使各路信号有不同的载波频率，而WDM是把各路信号调制到不同波长的光源的光波上，使各路信号有不同的光波波长，但波长和频率有直接关系，即 $\text{波长} = C / \text{频率}$ ， $C = 3 \times 10^8$ 米/秒。所不同的是复用电路不同，在FDM中用混频器实现频谱搬移和变换，实现复用，用滤波器进行分路，而在WDM中，一般用光合波器实现复用，用光分波器进行分路。